

INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
W PUŁAWACH

MARZENA MIKOS

**Plonowanie i wartość technologiczna ziarna
pszenicy orkisz (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*
L.) w zależności od wybranych czynników
agrotechnicznych**

Praca doktorska wykonana
w Zakładzie Uprawy Roślin Zbożowych
pod kierunkiem prof. dr hab. Grażyny Podolskiej

Puławy, 2012

*Składam serdeczne podziękowania:
Pani prof. dr hab. Grażynie Podolskiej
za pomoc i wszystkie uwagi
dotyczące przygotowania tej pracy*

*Pracownikom Zakładu Uprawy Roślin Zbożowych
za okazaną pomoc i życzliwość*

Autorka

Wyniki badań w roku 2009/2010 były współfinansowane przez stypendium w ramach projektu systemowego Departamentu Gospodarki i Innowacji Urzędu Marszałkowskiego Województwa Lubelskiego w Lublinie pt.: „Stypendia naukowe dla doktorantów” z Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki 2007-2013 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

oraz

*w latach 2010/11 i 2011/12 część badań była finansowana przez
Komitet Badań Naukowych
Grant N N310 168139*

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	6
2. PRZEGLĄD LITERATURY.....	9
2.1. Plonowanie i cechy struktury plonu pszenicy orkisz	9
2.2. Wartość technologiczna pszenicy orkisz.....	13
2.3. Grupy białek w pszenicy orkisz w odniesieniu do pszenicy zwyczajnej.....	17
2.3. Mikotoksyny w zbożach.....	21
3. METODYKA BADAŃ	24
3.1. Doświadczenie polowe.....	24
3.1.1. Czynniki doświadczenia	24
3.1.2. Warunki glebowe	24
3.1.3. Elementy agrotechniki	25
3.1.4. Analizy i pomiary	26
3.2. Doświadczenie mikropoletkowe.....	26
3.2.1. Czynniki doświadczenia	26
3.2.2. Warunki glebowe, nawożenie i środki ochrony roślin	27
3.2.3. Analizy i pomiary	27
3.3. Analizy laboratoryjne	28
3.3.1. Gęstość ziarna w stanie zsypanym	29
3.3.2. Zawartość białka	29
3.3.3. Wilgotność ziarna	29
3.3.4. Gluten mokry i indeks glutenu.....	30
3.3.5. Wskaźnik sedymentacyjny SDS	30
3.3.6. Liczba opadania	31
3.3.7. Właściwości reologiczne	31
3.3.8. Frakcje białek.....	32
3.3.9. Zawartość mikotoksyn.....	33
3.4. Analizy statystyczne	34
4. WARUNKI METEOROLOGICZNE.....	35
4.1. Warunki meteorologiczne w latach realizacji doświadczenia polowego	35
4.2. Warunki meteorologiczne w latach realizacji doświadczenia mikropoletkowego	38
5. OMÓWIENIE WYNIKÓW	46
5.1. Wpływ dawki azotu i gęstości siewu na poziom plonów, wartość technologiczną i zawartość mikotoksyn w ziarnie pszenicy orkiszowej odmiany <i>STH 4809</i> (doświadczenie polowe).....	46
5.1.1. Długość okresu wegetacji oraz poszczególnych faz wzrostu i rozwoju.....	46

5.1.2. Plon i cechy struktury plonu w zależności od nawożenia azotem.....	47
5.1.3. Plon i cechy struktury plonu w zależności od gęstości siewu	50
5.1.4. Wartość technologiczna ziarna i mąki	56
5.1.4.1. Wpływ dawki azotu na wartość technologiczną	56
5.1.4.2. Wpływ gęstości siewu na wartość technologiczną.....	57
5.1.4.3. Cechy reologiczne ciasta	59
5.1.4.4. Zależności korelacyjne.....	64
5.1.5. Zawartość mikotoksyn fuzaryjnych.....	66
5.1.5.1. Zawartość mikotoksyn w zależności od dawki azotu	66
5.1.5.2. Zawartość mikotoksyn w zależności od gęstości siewu	66
5.2. Wpływ terminu i gęstości siewu oraz odmiany na poziom plonowania, cechy struktury plonu, wartość technologiczną i zawartość mikotoksyn w ziarnie pszenicy orkiszowej i zwyczajnej (doświadczenie mikroplotkowe)	68
5.2.1. Długość okresu wegetacji oraz poszczególnych faz wzrostu i rozwoju.....	68
5.2.2. Plon i cechy struktury plonu	72
5.2.2.1. Plon i cechy struktury plonu w zależności od terminu siewu	72
5.2.2.2. Plon i cechy struktury plonu w zależności od gęstości siewu.....	74
5.2.2.3. Plon i cechy struktury plonu w zależności od odmiany	77
5.2.2.4. Zależności korelacyjne.....	79
5.2.5. Wartość technologiczna.....	82
5.2.5.1. Wartość technologiczna w zależności od terminu siewu	82
5.2.5.2. Wartość technologiczna w zależności od gęstości siewu.....	82
5.2.5.3. Wartość technologiczna w zależności od odmiany.....	84
5.2.5.4. Zależności korelacyjne.....	90
5.2.6. Frakcje białek.....	92
5.2.7. Zawartość mikotoksyn fuzaryjnych.....	106
6. DYSKUSJA.....	108
7. WNIOSKI	121
Streszczenie	123
SPIS LITERATURY.....	125

1. WSTĘP

Lekarze i żywieniowcy krajów wysokoprzemysłowych alarmują, że wiele chorób cywilizacyjnych jak też alergii związanych jest z nieprawidłowym odżywianiem lub nieodpowiednią jakością spożywanych pokarmów [Frazer i in., 1959]. W związku z tym poszukuje się surowców, które nadają się do produkcji zdrowej i bezpiecznej dla zdrowia żywności [Obuchowski, 2000]. Wstępne badania wskazują, że jedną z takich roślin jest pszenica *Triticum aestivum* ssp. *spelta* L. powszechnie znana jako orkisz lub szpelc. Ziarno orkiszu jest bogate w węglowodany, białko i aminokwasy egzogenne. Zawiera ono dużo witamin z grupy B i minerałów oraz może stanowić dobry pokarm dla ludzi z problemami gastrologicznymi. Uwzględnienie w diecie człowieka produktów z pszenic orkiszowych obniża cholesterol, zapobiega atakom serca i powstawaniu nadciśnienia krwi [Winzeler i in., 1994; Gálová i Knoblochová, 2001, Mikos, 2009]. Galova i Knoblochová [2001] podają, że ziarno pszenicy orkisz zawiera więcej składników odżywczych od powszechnie uprawianej pszenicy zwyczajnej i jest postrzegane jako niewywołujące alergii. Z tego względu jest tolerowana przez osoby cierpiące na chorobę trzewną.

Pszenica orkisz (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.) jest jednym z najstarszych zbóż wykorzystywanych przez człowieka. Należy ona do podrodziny wiechlinowatych, jest niewymłacalna i zawiera heksaploidalną liczbę chromosomów. Pszenica ta była uprawiana w Europie 9 tysięcy lat temu i jest o niej wzmianka w Starym Testamencie. W XVIII i XIX wieku emigranci z Europy upowszechnili jej uprawę w Stanach Zjednoczonych. W XIX i pierwszej połowie XX wieku była uprawiana pod nazwą „Orkisz” w niektórych rejonach Polski, szczególnie na Podkarpaciu. Uprawę orkiszu zaniechano z powodu słabej plenności.

Wysokie walory odżywcze i dietetyczne oraz przydatność ziarna do produkcji zdrowej żywności o właściwościach przeciwutleniających, przyczyniły się do wzrostu zainteresowania tą formą pszenicy. Obecnie mąka z pszenic orkiszowych służy do produkcji chleba, makaronu, wyrobów ciastkarskich typu krakersy itd. Wyroby sprzedawane są w sklepach ze zdrową żywnością. Głównymi obszarami, na których uprawiany jest orkisz są obecnie państwa Europy Centralnej, takie jak: Belgia, Niemcy, Austria, Szwajcaria i Słowenia. Poza Europą pszenicę orkisz uprawia się w Kanadzie

oraz w Stanach Zjednoczonych [Sulewska, 2006; Kohajdová i Karovicova, 2008]. W Polsce orkisz jest uprawiany od początku lat dziewięćdziesiątych XX wieku, głównie w gospodarstwach ekologicznych. Powierzchnia jego uprawy stale rośnie. Według danych raportu Inspekcji Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych (IJHARS) opracowanego na podstawie wyników kontroli upoważnionych jednostek certyfikujących w rolnictwie ekologicznym, w 2004 roku wynosiła ona ok. 200 ha, a w 2005 roku wzrosła do 400-500 ha. Według danych Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi w 2008 roku powierzchnia ekologicznych upraw pszenicy orkisz w Polsce osiągnęła już 1200 ha, a w 2009 roku – ponad 1400 ha. Według danych MRiRW w 2009 roku średnie plony uzyskane w certyfikowanych gospodarstwach ekologicznych wyniosły 2,22 t ha⁻¹. Uprawą pszenicy orkiszowej w 2008 roku w Polsce zajmowało się 209 gospodarstw ekologicznych. W 2009 roku odnotowano znaczący wzrost do 317, co świadczy o rosnącym popycie na produkty wytwarzane na bazie pszenicy orkiszowej [Trajer i Mieczkowski, 2010].

W Polsce uprawia się przede wszystkim niemieckie odmiany orkiszu, takie jak Schwabekorn, Frankenkorn, Ceralio, Schwabenspelz, Ostro i Oberkulmer Rothkorn. W warunkach Polski najlepiej plonują: Frankenkorn, Schwabenspelz oraz Ceralio. Dużym mankamentem jest brak polskiej odmiany, dlatego wiele ośrodków prowadzi prace hodowlane w tym zakresie. Uniwersytet Warmińsko - Mazurski w Olsztynie pracuje nad wyhodowaniem formy jarej, a Hodowla Roślin w Strzelcach formy ozimej pszenicy orkisz. Obecnie do badań rejestracyjnych została zgłoszona odmiana STH 4809. Odmienność biologiczna tej formy pszenicy wskazuje na konieczność opracowania optymalnych sposobów uprawy, umożliwiających uzyskanie z jednej strony wysokiego poziomu plonowania, z drugiej zaś otrzymanie surowca charakteryzującego się wysoką jakością, określoną przez wartość technologiczną i zdrowotność surowca. Zatem istotne wydaje się określenie wymagań co do czynników w bezpośredni sposób wpływających na wzrost i rozwój pszenicy. Pszenica orkiszowa głównie polecana jest do uprawy w warunkach gospodarstw ekstensywnych czy ekologicznych, w których uprawa często jest ograniczona do niestosowania lub stosowania niewielkich dawek azotu. Jest to sprzeczne z zaleceniami uprawy pszenicy na cele technologiczne, bowiem azot wpływa na poprawę wartości wypiekowej. Interesujące jest przeanalizowanie czy pszenica orkiszowa reaguje inaczej w porównaniu do pszenicy zwyczajnej, a jeżeli nie to do jakich wielkości można obniżyć nawożenie pszenicy orkiszowej azotem by uzyskać surowiec korzystny z punktu

widzenia młynarstwa i piekarstwa. Ponieważ mąka orkiszowa przeznaczona jest do produkcji żywności to poza wysokimi walorami technologicznymi powinna być bezpieczna dla zdrowia. Istotne jest zatem przeanalizowanie czy gęstość wysiewu, termin siewu oraz odmiana wpływają na podatność ziarna na występowanie zanieczyszczeń mikrobiologicznych – mikotoksyn oraz skład jakościowy białek. W badaniach zakłada się modyfikujący wpływ czynników agrotechnicznych zarówno na poziom plonowania jak i jakość surowca pszenicy orkiszowej.

Celem przedstawionych badań jest określenie poziomu plonowania i wartości technologicznej nowych polskich odmian pszenicy *Triticum aestivum* ssp. *spelta* L. oraz wyznaczenie najkorzystniejszych, dla wielkości plonowania i cech jakościowych, poziomów dla głównych czynników plonotwórczych: dawki azotu, terminu siewu i gęstości siewu.

2. PRZEGLĄD LITERATURY

2.1. Plonowanie i cechy struktury plonu pszenicy orkisz

Wprowadzane do uprawy nowe gatunki czy odmiany muszą charakteryzować się korzystnym zespołem cech rolniczo-użytkowych. W przypadku pszenicy wykorzystywanej przez przemysł młynarski i piekarniczy jest to poziom plonowania, zdrowotność ziarna, wartość przemiałowa i wypiekowa. Włączenie w ostatnich latach pszenicy orkiszowej *Triticum aestivum* ssp. *spelta* L. do tej wąskiej grupy surowców skutkuje prowadzeniem badań zarówno nad wymaganiami siedliskowymi, poziomem plonowania, czynnikami wpływającymi na wzrost i rozwój jak też jakością ziarna i przydatnością odmian do produkcji pieczywa.

Badania prowadzone nad pszenicą orkiszową wykazały, że poziom jej plonowania w warunkach Polski jest niejednoznaczny. Zdaniem kilku badaczy [Oliveira, 2001; Cyrkler-Degulis i Bulińska-Radomska, 2007; Stankowski i in., 2011] pszenica orkiszowa plonuje na podobnym poziomie jak współczesne odmiany pszenicy zwyczajnej. Jednak większość autorów wskazuje na jej mniejszy potencjał plonowania, wykazując, że różnice w poziomie plonowania w odniesieniu do pszenicy zwyczajnej są zmienne, gdyż wynikają z przebiegu pogody w okresie wegetacji, odmiany i technologii produkcji. Zdaniem Lacko-Bartošovej i Otepki [2001] plon pszenicy orkiszowej kształtuje się w zależności od odmiany na poziomie 77–92% plonu pszenicy zwyczajnej. Podobnie Bepirszcz i Budzyński [2011a] na glebie 3 kompleksu rolniczej przydatności otrzymali w odniesieniu do pszenicy zwyczajnej plon o 36% niższy. Rachoń [2009] wykazał, że w warunkach Lubelszczyzny różnica w poziomie plonowania jest mniejsza (wynosi na korzyść pszenicy zwyczajnej 9,2%). Jak podają Lacko-Bartosova i Otepka [2001] niższy poziom plonowania pszenicy orkiszowej uwarunkowany był niższymi wartościami MTZ, masy ziarna z kłosa i gęstości ziarna w stanie zsypanym.

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]. Dlatego w rolniczych badaniach naukowych, ocenia się wpływ poszczególnych czynników lub ich interakcję w kształtowaniu wielkości plonu.

Badania Tyburskiego i Babalskiego [2006] prowadzone w warunkach Polski wykazały, że współczesne odmiany orkiszu mają wymagania glebowe podobne do pszenicy zwyczajnej, ale odznaczają się z mniejszym zapotrzebowaniem na azot. W stanowiskach bogatych w azot łatwo wylegają. Autorzy uważają, że powinny one być uprawiane na glebach próchnicznych, zasobnych w składniki pokarmowe, o odczynie zbliżonym do obojętnego, odchwaszczonych i biologicznie aktywnych. Najlepiej i najwierniej te odmiany plonują na glebach klas: II, IIIa i IIIb, IVa i ewentualnie IVb.

Według Tyburskiego i Babalskiego [2006] odmiany pszenicy orkiszowej różnią się poziomem plonowania. Ze wstępnych doświadczeń i obserwacji prowadzonych w Polsce w rejonach nizinnych wynika, iż w warunkach krajowych najlepiej plonuje Schwabekorn, a niewiele ustępują mu Ceralio oraz Schwabenspelz.

Poziom plonowania pszenicy jest ściśle związany z intensywnością wzrostu i przebiegiem rozwoju generatywnego. Decydującymi czynnikami środowiska regulującymi wzrost i rozwój są temperatura, światło, woda i substancje pokarmowe [Fotyma i Fotyma, 1993; Gardziejewicz i Zając, 1999; Mazurek, 1999; Rudnicki, 2000; Dąbek-Gad i Bujak, 2002; Podolska, 1999; Podolska i in., 2002].

Światło jest podstawowym czynnikiem procesu fotosyntezy, ale wpływa również na rozwój roślin pszenicy ozimej poprzez impuls długości dnia. Rośliny pszenicy do przejścia z fazy wegetatywnej w generatywną potrzebują określonej liczby dni długich, tj. mających 14 i więcej godzin światła na dobę [Joshida, 1972; Podolska, 1999]. Z czynników agrotechnicznych z długością dnia ściśle związany jest termin siewu. Wpływa on na zmiany w morfogenezie, różnicuje krzewistość ogólną oraz inicjację, segmentację i wałeczki wzrostu, a więc zróżnicowanie liczby kłosek i kwiatów w kłosie, a tym samym plonu ziarna z kłosa i rośliny [Porter, 1984; Hay, 1986; Harasim, 1995; Hotsonyame i Hunt, 1997a,b]. Pszenica ozima w przypadku opóźnionego siewu krzewi się dopiero na wiosnę i jako typowa roślina długodniowa, przyjmuje bodziec długiego dnia już w fazie początku krzewienia (wiosna), dlatego skraca tę fazę, co wpływa na redukcję liczby pędów produkcyjnych. Spadek plonowania pszenicy ozimej równoległe z opóźnieniem terminu siewu stwierdzono w licznych badaniach [Piech i Stankowski, 1989; Piech i Stankowski, 1990; Podolska i Ruszkowski, 1991; Gragić i Kavačević, 1995; Mazurek i Podolska, 1995; Podolska, 1997, Dubis i Budzyński, 2006] wykazując, że jest on związany głównie ze zmniejszeniem krzewistości produkcyjnej, a tym samym i obsady kłosek na jednostce powierzchni oraz plonu ziarna z pojedynczej rośliny. W warunkach opóźnionego siewu

następują również zmiany w budowie łanu objawiające się skróceniem długości pędów głównych i bocznych roślin, niezależnie od stopnia ich krzewistości [Podolska, 1997a,b]. Literatura naukowa wskazuje, że podobnie jak w przypadku pszenicy *Triticum vulgare* termin siewu wpływa na plon i cechy struktury plonu pszenicy *spelta*. Według badań Szumiły i Rachonia [2008] opóźnienie terminu siewu ogranicza plonowanie pszenicy orkisz średnio o 17,3%, powodując istotny spadek liczby kłosów i zmniejszenie gęstości ziarna w stanie zsypanym. Również Pałys i Kuraszkiewicz [2003], Bavec i in. [2006] oraz Rachoń [1999b] wykazali, że opóźniony siew istotnie obniżał plon orkiszu. Niższy poziom plonowania pszenicy sianej w terminie opóźnionym w porównaniu do terminu optymalnego wynikał przede wszystkim z istotnego ograniczenia liczby kłosów. Bepirszcz i Budzyński [2011a] porównywali poziom plonowania pszenicy orkisz odmiany Szwabenkorn na tle pszenicy zwyczajnej odmiany Olivin. Stwierdzili oni, że obie pszenice plonują wyżej przy wczesnym terminie siewu. Różnica w poziomie plonowania pomiędzy siewem wykonanym 20 września a 10 października u pszenicy orkisz wynosiła 5%, a u pszenicy zwyczajnej 7%.

Poziom plonowania pszenicy zależy również od intensywności światła przypadającą na powierzchnię liścia. Z czynników agrotechnicznych jest ona regulowana przez gęstość siewu. W przypadku zbyt gęstego zagęszczenia roślin w łanie ujawnia się niedobór światła wskutek zacienienia. Powoduje to obniżenie produktywności kłosa, zwiększenie podatności na wyleganie, wpływa na cechy struktury plonu i w konsekwencji na poziom plonowania [Darwinkel, 1979; Aufhammer, 1980; Ellen, 1993]. Liczne badania wskazują na specyficzne wymagania odmian co do ilości wysiewu. Wykazano, że optymalna ilość wysiewu określonego genotypu jest różna w zależności od warunków glebowych, terminu siewu, poziomu kultury roli, przedplonu oraz nawożenia mineralnego [Makowiecki, 1985; Ruszkowski, 1986; Ruszkowski, 1988; Lomas, 1995; Starczewski i in., 1995; Szmigiel 1995]. Różne wymagania odmian prawdopodobnie są związane z ich różnymi wymaganiami świetlnymi. Odmiany o mniejszych wymaganiach świetlnych nie wykazują spadku plonu ziarna przy zagęszczonym siewie, ponieważ zmiany w krzewistości i liczbie kłosek w kłosie są u nich niewielkie. Natomiast odmiany o większych wymaganiach świetlnych przy dużej obsadzie roślin istotnie redukują nie tylko krzewienie produkcyjne, ale również produktywność kłosa, co powoduje spadek plonowania równoległy z zagęszczeniem siewu ponad poziom optymalny [Ruszkowski, 1988; Mazurek i Podolska, 1995; Podolska, 1997a,b].

Podobnie jak pszenica zwyczajna, pszenica orkiszowa wykazuje reakcję w poziomie plonowania na gęstość siewu. Według badań Troccoli i Codianni [2005] gęstość siewu wpływa na plon ziarna pszenicy orkisz kształtując masę kłosa i liczbę kłosów na jednostce powierzchni. Również badania Briggsa [1988] udowodniły, że ze wzrostem gęstości siewu pszenicy orkiszowej z 200 do 500 ziaren·m² wzrastał plon głównie poprzez wzrost liczby kłosów. Baker [1982] wykazał, że odmiany pszenic charakteryzowały się różną reakcją na zastosowaną gęstość siewu. Bepirszcz i Budzyński [2011a] porównywali reakcję pszenicy orkisz odmiany Szwabekorn i zwyczajnej Olivin na gęstość wysiewu. Stwierdzili oni, że u obu pszenic gęstość siewu z 350 do 550 ziaren·m⁻² nie miała istotnego wpływu na plon ziarna.

Z czynników agrotechnicznych główną rolę w kształtowaniu wielkości plonu przypisuje się nawożeniu azotem [Achremowicz i in., 1993; Kuś i Jończyk, 1997; Johansson, 2001; Budzyński i in., 2004; Chrzanowska-Drożdż i in., 2004; Stankowski i in., 2004, Podolska i Mikos, 2010]. Jego efektywność zależy od wielu czynników, między innymi wielkości dawki, sposobu aplikacji, wymagań pokarmowych odmian, gęstości siewu i przebiegu warunków pogody. Korzystne oddziaływanie nawożenia azotem na plon wynika z wpływu azotu na zwiększenie krzewistości produkcyjnej, liczby ziaren w kłosie, masy ziarna z kłosa liczby kłosów na jednostce powierzchni oraz długości kłosa [Podolska, 1999].

Badań nad wpływem nawożenia azotem na plon pszenicy orkiszowej jest niewiele, a te nieliczne wykazały pozytywną reakcję odmian na dawkę azotu. Bepirszcz i Budzyński [2011a] udowodnili wzrost plonu ziarna odmiany Szwabekorn wraz ze wzrostem dawki azotu. Wysokie dawki azotu w ilości 100 kg N·ha⁻¹ powodowały wzrost plonu pszenicy orkiszowej o 5,3 dt·ha⁻¹ (9%). Wpływ dawki azotu na poziom plonowania badał również Stankowski i in. [2011]. Maksymalny plon pszenicy orkiszowej uzyskał stosując 120 kg N·ha⁻¹, a zwiększenie nawożenia z 0 do 120 kg N·ha⁻¹ powodowało zwiększenie plonu średnio o 30 dt·ha⁻¹.

Podolska i in. [2011] prowadząc badania wazonowe uzyskali istotny wzrost poziomu plonowania pszenicy orkiszowej do zastosowania dawki azotu w ilości 2,4 g N/wazon w odniesieniu do 1,2 g N/wazon. Zwiększenie dawki azotu do 3,6 g N/wazon nie miało istotnego wpływu na plon. Wzrost plonu ziarna był wynikiem większej MTZ, liczby ziaren z rośliny, plonu ziarna z rośliny i plonu ziarna z kłosa.

2.2. Wartość technologiczna pszenicy orkisz

Przeprowadzone dotychczas badania wskazują, że mąka orkiszowa różni się od mąki pszenicy zwyczajnej. Zawiera więcej tłuszczu ogółem, witamin (PP, B₆, D, prowitaminy A, tokoferoli), mikro- (P, Fe, Zn, Cu) i makroelementów (K, Mg, Na), co świadczy o jej wyższej wartości odżywczej [Ostrowska, 1993; Grela, 1996; Ranhotra i in., 1996; Capouchová, 2001; Sulewska, 2004; Tyburcy, 2005, Mikos, 2009]. Poza tym, ziarno orkiszowe jest bogate w białko, które charakteryzuje się stosunkowo wyższą strawnością (PD = 83%) oraz wyższym wskaźnikiem NPU (61) niż białko pszenicy zwyczajnej (PD = 78%, NPU = 57) [Chrenková i in., 2000]. Właściwości te sprawiają, że pszenica *spelta* jest wykorzystywana do produkcji pieczywa, [Aabdel-Aal i in., 1997], makaronów [Gąsiorowski, 2004b; Kostecki, 2005], kasz, zup [Jurga, 1996; Achremowicz i in., 1999; Kalinowska-Zdun, 2005] oraz ciastek i słodczy [Capouchová, 2001; Sulewska, 2004].

Ziarno wykorzystywane na cele spożywcze musi charakteryzować się odpowiednią wartością technologiczną, na którą składa się wartość przemiałowa ziarna i wartość wypiekowa mąki. Wartość przemiałowa określa ilość mąki uzyskanej z odpowiedniej ilości ziarna, a wartość wypiekowa decyduje o jakości pieczywa i stabilności procesu technologicznego. Jest wiele metod określających przydatność pszenicy do wypieku. Metody bezpośrednie polegają na wykonaniu próbnego wypieku i próbnego przemiału. Metody pośrednie polegają na określeniu wartości technologicznej za pomocą szeregu metod fizycznych i chemicznych. Oznaczenia te informują głównie o jakości kompleksu białkowego (zawartość białka, glutenu, wskaźnik sedymentacyjny), aktywności enzymów amylolitycznych (liczba opadania), zachowaniu ciasta podczas miesienia (właściwości reologiczne), czy o wartości przemiałowej (gęstość ziarna w stanie zsypanym, MTZ). Dane literaturowe wskazują, że wartość wypiekowa w głównej mierze zależy od odmiany, ale również kształtują ją warunki pogody w okresie wegetacji oraz czynniki agrotechniczne [Budzyński i in., 2008; Podolska, 2011]. Jakość technologiczna ziarna pszenicy jest wynikiem efektów interakcyjnych zachodzących między genotypem, warunkami glebowo-klimatycznymi oraz technologią produkcji [Budzyński i in., 2008]. Spośród czynników agrotechnicznych największą rolę przypisuje się nawożeniu mineralnemu, w tym azotowemu, zarówno dawce jak i terminowi aplikacji [Dubis i Borysiewicz, 2008;

Podolska, 2011]. Istotny wpływ na jakość wywiera ochrona i zbiór [Podolska i Stypuła, 2002; Podolska, 2008; Kieloch i in., 2009; Podolska i Mikos, 2010; Podolska, 2011].

Określenie wartości technologicznej i przydatności do wypieku zagranicznych odmian pszenic orkiszowych w warunkach Polski oraz porównanie z pszenicą zwyczajną było przedmiotem wielu opracowań naukowych [Dąbkowska, 2009; Bepirszcz i Budzyński, 2011b; Siemianowska i in., 2011].

Większość badań wskazuje na duże zróżnicowanie jakości ziarna uprawianych w Polsce odmian pszenicy orkiszowej. Różnią się one wartościami poszczególnych cech jakości zarówno między sobą jak też w porównaniu z pszenicą zwyczajną [Majewska i in., 2007; Krawczyk i in., 2008, Rachoń i in., 2010].

Ważnymi wskaźnikami wartości wypiekowej mąki są zawartość białka ogółem i wydajność glutenu mokrego oraz jego jakość [Bojňanská i Frančáková, 2002]. Majewska i in. [2007] porównując, pod względem ilości glutenu, odmiany orkiszu Ceralio, Schwabekorn, Frankenkorn, Holstenkorn, Schwabenspelz, Ostro i Oberkulmer Rothkorn wykazali, że mąki wszystkich odmian cechowały się istotnie wyższą wydajnością glutenu mokrego (27,3 - 45,6%) w porównaniu z mąką pszenicy zwyczajnej odmiany Korweta (22,5%). Wykazali oni, że największą wydajnością glutenu mokrego cechowała się mąka z orkiszu odmian Ostro i Oberkulmer Rotkorn (45,6% i 38,9%). Nieco mniejsze wartości ilości glutenu w odmianach Frankenkorn, Ceralio i Szwabekorn otrzymały Krochmal – Marczak i Sawicka [2011]. Kształtowała się ona w przedziale od 23,5 do 27,5%, wykazując jednocześnie, że najbardziej stabilna pod względem tej cechy była odmiana Ceralio, zaś największą zmienność zaobserwowano u odmiany Frankenkorn. Podolska i in. [2011] udowodnili, że odmiana niemiecka pszenicy orkiszowej Szwabekorn charakteryzuje się większą ilością białka i glutenu zarówno w stosunku do pszenicy orkiszowej STH 8 jak i pszenicy zwyczajnej odmiany Komnata i Sukces. Tę samą tendencję zauważyli również Achremowicz i in. [1999], Capouchová [2001] oraz Ceglińska [2003]. Odmienne wyniki uzyskał Radomski i in. [2007] stwierdzając, mniejszą ilość glutenu u pszenic orkiszowych. Pszenica orkiszowa charakteryzuje się większą ilością glutenu, jednak jak podają Krawczyk i in. [2008] jego jakość jest gorsza niż pszenicy zwyczajnej.

Zawartość białka ogółem w mąkach orkiszowych również jest zmienna i waha się w szerokim zakresie. Majewska i in. [2007] stwierdzili duże zróżnicowanie odmian pszenicy orkiszowej w zawartości białka od 8,6 do 12,4% s.m. i z wyjątkiem mąki z ziarna orkiszu odmiany Ceralio, zawartość ta była istotnie wyższa od zawartości białka

ogółem w mące otrzymanej z ziarna pszenicy zwyczajnej odmiany Korweta (8,6% s.m.). Wykazali również, że najwyższą zawartością białka ogółem cechowała się mąka z orkiszu odmiany Ostro (12,4%). Podolska i in. [2011] wykazali, że odmiana Schwabenkorn charakteryzowała się większą ilością białka w odniesieniu do pszenicy zwyczajnej odmiany Komnata i Sukces. Podobnie Bepirszcz i Budzyński [2011b] udowodnili, że pszenica orkiszowa Schwabenkorn charakteryzuje się wyższą zawartością białka o 1,6% w stosunku do pszenicy zwyczajnej odmiany Olivin. Nieco większe różnice w zawartości białka pszenic orkiszowych Ostro, Oberkulmer Rothkorn w odniesieniu do pszenicy zwyczajnej Korweta otrzymała Żuk – Gołaszewska i in. [2011] różnica wynosiła 5,1 p.p i 5, 5 p.p. Wielu autorów w swoich badaniach również wykazuje wyższą zawartość białka ogółem w orkiszu w porównaniu z pszenicą zwyczajną [Grela, 1996; Moudrý i Dvořáček, 1999; Chrenková i in., 200; Capouchová, 2001; Gálová i Knoblochová, 2001; Marconi i in., 2002].

Wskaźnik sedymentacyjny jest kolejną cechą wartości wypiekowej mąki. Określa on zarówno jakość jak i ilość glutenu. Dostępna literatura [Capouchová, 2001; Bojňanská i Frančaková, 2002; Ceglińska, 2003; Lacko-Bartošová i Rédlová, 2007; Majewska i in., 2007; Krawczyk i in., 2008] wykazała, zmienność odmian pod względem tej cechy, ale również wyższe wartości wskaźnika sedymentacyjnego pszenicy zwyczajnej w odniesieniu do pszenicy orkiszowej. Majewska i in. [2007] wskazują na duże zróżnicowanie odmian orkiszu pod względem tej cechy (od 12 cm³ u odmiany Ceralio, do 27 cm³ przypadku odmian Schwabenkorn i Schwabenspelz). Badania [Capouchová, 2001; Podolska i in., 2011] udowodniły, że mąka z pszenicy zwyczajnej odmian jakościowych cechuje się istotnie wyższą liczbą sedymentacji niż mąki z badanych odmian orkiszu, co świadczy o tym, że gluten z mąki pszenic zwyczajnych odmian technologicznych ma wyższą jakość.

Liczba opadania jest miarą aktywności enzymu alfa amylazy i charakteryzuje porośnięcie ziarna. Porastanie ziarna jest niekorzystnym zjawiskiem indukowanym przede wszystkim przez warunki pogody panujące w okresie dojrzewania ziarna i jest to cecha odmianowa. Do produkcji mąki chlebowej nadaje się jedynie surowiec nieporośnięty, wykazujący wysokie wartości liczby opadania powyżej 220 s. W badaniach wykazano zróżnicowanie odmian orkiszu pod względem wielkości liczby opadania [Capouchová, 2001; Bojňanská i Frančaková, 2002; , Marconi i in., 2002]. Majewska i in. [2007] stwierdzili, że u pszenic orkiszowych mieściła się w zakresie 215 - 315 s, natomiast w mące z ziarna pszenicy zwyczajnej odmiany Korweta wynosiła

278 s. Krochmal-Marczak i Sawicka [2011] wykazały, że u odmian pszenicy orkisz wartości liczby opadania mieściły się w granicach od (272 s Frankenkorn do 254 s Schwabenkorn). Z badań Krawczyka i in. [2008b] wynika, że mąki orkiszowe wykazywały średnią lub niską aktywność enzymów amylolitycznych.

Gęstość ziarna w stanie zsypanym wyraża masę jednego hektolitra ziarna. Jest pośrednim wskaźnikiem określającym wartość przemiałową ziarna. Wyższe wartości tej cechy świadczą o lepszej wydajności mąki, małe zaś o słabym wykształceniu bielma. Gęstość ziarna w stanie zsypanym według literatury przedmiotu [Cacak-Pietrzak i in., 1999] jest cechą bardzo stabilną, jednak wpływają na nią warunki siedliska, poziom nawożenia i ochrony oraz gęstość i termin siewu.

Warechowska i in. [2011] stwierdzili, że ziarno pszenicy orkiszowej odmiany Schwabenkorn cechuje się mniejszą gęstością ziarna w stanie zsypanym i większą popiołowością w odniesieniu do pszenicy zwyczajnej Korweta.

Właściwości reologiczne ciasta pszenic orkiszowych również różnią się od pszenicy zwyczajnej. Krawczyk i in. [2008 a,b] wykazali, krótszy czas stałości ciasta i mniejszą objętość pieczywa z orkiszu rodów (STH 8, STH 11, STH 12) w odniesieniu do pszenicy zwyczajnej. Z badań Krawczyka i in. [2008b] wynika, że ciasta z mąk orkiszowych miały dłuższy czas rozwoju i stałości, były mniej sprężyste, ale bardziej rozciągliwe niż ciasto z pszenicy zwyczajnej. Autorzy sugerują, że w odniesieniu do takich mąk powinien być zastosowany odmienny proces technologiczny, a Radomski i in. [2007] stwierdzili, że wypieki z samej mąki orkiszowej nie spełniają wymagań konsumenta. Według Majewskiej i in. [2007] ziarno orkiszowe może stanowić dobry surowiec do produkcji mąki chlebowej, ale jest to zależne od doboru odmiany.

Spośród czynników agrotechnicznych nawożenie azotem ma wpływ w największym stopniu na wartość technologiczną pszenicy [Cacak-Pietrzak i in., 1999; Podolska, 2007; Podolska i in., 2010]. Według badań zwiększone dawki azotu wpływają korzystnie na kompleks białkowy. Powodują wzrost ilości białka i glutenu, wzrost wskaźnika sedymentacyjnego. Wysoka dawka azotu poprawia właściwości reologiczne ciasta (wodochłonność mąki, rozmięczenie, czas stałości i liczbę jakości). Badań nad wpływem dawki azotu na wartość technologiczną pszenicy orkisz jest niewiele, przede wszystkim dlatego, że uprawiany jest głównie w gospodarstwach ekologicznych. Achremowicz i in. [1993] oraz Johansson [2001] wykazali, że duże dawki azotu zwiększają plon oraz zawartość białka w ziarnie, ale jednocześnie obniżają jego jakość. Zdaniem Achremowicza i in. [1995] oraz Dzikiego i Laskowskiego [2002]

wynika to ze wzrostu udziału niskocząsteczkowej gliadyny w białku, skutkiem czego są gorsze właściwości glutenu. Nowak i in. [2004] oraz Stankowski i in. [2004] podają, że wysokie dawki azotu w przypadku niektórych odmian orkiszu poprawiają jakość glutenu, natomiast innych przeciwnie – obniżają ją. Można sądzić, że jest to wynikiem interakcji między odmianami a warunkami siedliskowymi i agrotechnicznymi, które wpływają na cechy fizyczne ziarna i relacje ilościowe w jego składzie chemicznym [Budzyński, 2004]. Potwierdzają to badania Podolskiej i in. [2011] wskazujące na występowanie współdziałania dawki azotu i odmiany pszenicy w kształtowaniu wielkości wyróżników jakości. Dawka azotu nie miała wpływu na indeks glutenu u odmiany Szwabenkorn, natomiast u odmiany STH 8 i Sukces najwyższe wartości tego parametru stwierdzono stosując najniższą dawkę azotu. Jednak u wszystkich odmian najwyższe wartości wskaźnika sedymentacyjnego stwierdzono stosując średnią dawkę azotu – 2,4 g N/wazon. Natomiast Schober i in. [2008] stwierdzają, że odmiany pszenicy orkisz wykazują typową reakcję innych gatunków pszenic na zwiększające się nawożenie azotowe oraz wraz ze zwiększeniem nawożenia zwiększa się bardziej zawartość gliadyn w porównaniu do glutelin.

2.3. Grupy białek w pszenicy orkisz w odniesieniu do pszenicy zwyczajnej

O wartości wypiekowej pszenicy decyduje skład ilościowy i jakościowy grup białek oraz ich wzajemne proporcje. W porównaniu z pszenicą zwyczajną białko pszenicy orkisz charakteryzuje się podobną zawartością frakcji albumin i globulin oraz większą zawartością frakcji gliadyn w stosunku do glutenin [Chrenková i in., 2000; Gálová i Knoblochova, 2001]. Gliadyny są białkami zapasowymi, zbudowanymi z pojedynczych łańcuchów polipeptydowych. Zgodnie z ich elektroforetyczną mobilnością dzielimy je na cztery grupy: α - (najszybsze), β -, γ - i ω -gliadyny (najwolniejsze). Gliadyny typu α , β i γ zawierają dużo cysteiny, dzięki czemu mogą formować wewnątrzcząsteczkowe wiązania dwusiarczkowe. Zapobiega to włączaniu się tych białek w polimeryczną strukturę glutenin [Muller i Wieser, 1997]. Natomiast ω -gliadyny są ubogie w aminokwasy siarkowe i wyróżniają się największą hydrofilnością wśród białek glutenowych [Dupont i in., 2000]. Należą one do grupy białek glutenowych o masie średnicząsteczkowej i są mniejszymi składnikami gliadyn. Wśród różnych odmian pszenic zwyczajnych frakcje gliadyn mieszczą się w zakresie od

6,2 do 20%. Gluteniny, w przeciwieństwie do gliadyn, są białkami polimerycznymi, a więc złożonymi z wielu łańcuchów polipeptydowych połączonych ze sobą mostkami dwusiarczkowymi [Wrigley, 1996]. Gliadyny i gluteniny podczas wyrabiania ciasta z mąki zmieszanej z wodą formują gluten, lepkosprężystą substancję, która spaja ziarna skrobi i pozostałe składniki mąki w jedną całość. Jakość ciasta i chleba zależą w dużej mierze od właściwości fizycznych glutenu [Bloksma, 1988]. Przyjmuje się, że gluten o wysokiej jakości odznacza się dużą wodochłonnością, elastycznością i zwięzłością, a w interakcji z pozostałymi składnikami mąki daje elastyczne ciasto o długim okresie rozwoju i stałości oraz chleb o dużej objętości z równomiernie porowatym i elastycznym miększem. Na zwiększenie wodochłonności glutenu wpływa zwykle wyższa zawartość białek gliadynowych [Bojñanská, 1996]. Badania Khan'a i in. [1989] wykazały, że w kształtowaniu właściwości reologicznych glutenu, gliadyny i gluteniny odgrywają odmienne role. Gliadyny nadają glutenowi właściwości lepkiej cieczy i przyczyniają się do zwiększania jego rozciągliwości. Wyniki licznych badań wykazały istnienie dodatniej korelacji między ilością gliadyn, a rozciągliwością glutenu mokrego [Kim i in., 1988; Balla i in., 1997] i ciasta [Berot i in., 1996]. Wzrost zawartości gliadyn wywiera natomiast ujemny wpływ na oporność na rozciąganie glutenu [Kim i in., 1988] i ciasta [Berot i in., 1996; Mimouni i in., 1998] oraz na elastyczność glutenu [Kim i in., 1988] i ciasta [Eliasson i Lundh, 1989; Mimouni i in., 1998]. Badania Weegels'a i in. [1994] wykazały ponadto, że dodanie do mąki ekstraktu zawierającego gliadyny przyczynia się do zwiększenia objętości chleba. Gluteniny natomiast są odpowiedzialne za sprężystość i wytrzymałość glutenu. Wzrost udziału glutenin przyczynia się do zwiększenia oporności ciasta na rozciąganie [Berot i in., 1996], wydłużenia czasu rozwoju ciasta i wzrostu objętości chleba [Lundh i MacRitchie, 1989].

Inakuma i in. [1989] oraz Yoshida i Danno [1989] stwierdzili, że nieobecność jednej z dwóch głównych frakcji białek glutenowych, gliadynowej bądź gluteninowej, skutkuje formowaniem się glutenu i ciasta o złej jakości. Jedynie dzięki odpowiedniej równowadze między ilością tych frakcji ciasto może zatrzymywać pęcherzyki CO₂ podczas fermentacji i wypieku, a chleb uzyskuje zwiększoną objętość i równomiernie porowatą strukturę miększu [Khatkar i Schofield, 1997; Uthayakumar, 1999]. Obok wzajemnego współdziałania białek glutenowych w kształtowaniu pożądanych właściwości fizycznych glutenu, ciasta i chleba istotną rolę również odgrywają ich interakcje z pozostałymi składnikami, np. z węglowodanami, lipidami i białkami nieglutenowymi [Grzesiuk i Kulka, 1988; Chung 1989; Ohm i Chung, 2002].

Ilość glutenu oraz jego właściwości fizyczne zmieniają się w zależności od czynników oddziałujących zarówno w okresie wzrostu roślin pszenicy i dojrzewania ziarna, jak i po zbiorze w trakcie jego suszenia, przechowywania i przetwarzania. Wielkość tych zmian zależy nie tylko od czynników zewnętrznych (środowiskowych), ale również od genotypu czyli odmiany pszenicy. Każda odmiana, dysponując niepowtarzalnym zestawem genów kontrolujących syntezę białek glutenowych, wytwarza inny jakościowo gluten [Klockiewicz-Kamińska, 2001].

Warunki panujące w okresie wegetacji roślin, począwszy od momentu siewu pszenicy, poprzez długi okres wzrostu roślin i przechodzenia ich przez kolejne fazy rozwojowe i stadia dojrzewania ziarna, a zakończone w momencie zbioru pszenicy, z dużą siłą mogą oddziaływać na ostateczną ilość, skład i właściwości funkcjonalne zgromadzonych w ziarnie białek glutenowych [Miś, 2005].

Spośród czynników środowiskowych oddziałujących w okresie wegetacji pszenicy, nawożenie azotowe najmocniej wpływa na zawartość białek glutenowych w ziarnie. W wyniku zwiększonego nawożenia azotowego wzrasta ilość glutenu oraz zawartość gliadyn [Prieto i in., 1992; Peltonen i Virtanen, 1994; Pechanek i in., 1997; Daniel i Triboi, 2000]. Ponadto obserwuje się wzrost udziału białek hydrofilnych kosztem hydrofobowych [Wieser i Seilmeier, 1998]. W efekcie tych zmian spada wytrzymałość mechaniczna glutenu, która mierzona jest indeksem glutenu [Achremowicz i in., 1995; Borkowska, 1999; Miś, 2005]. Zmienione właściwości glutenu na skutek stosowania zwiększonego nawożenia azotowego oddziałują na podwyższenie wodochłonności mąki [Ayoub i in., 1994; Podolska i Stankowski, 2001], spadek oporności ciasta [Prieto i in., 1992], poprawę właściwości reologicznych ciasta [Micelli i in., 1992; Ayoub i in., 1994; Kluczyński i Ralcewicz, 1998; Luo i in., 2000] oraz wzrost objętości chleba [Ayoub i in., 1994; Cacak-Pietrzak i in., 1998]. Oprócz nawożenia, na ilość gromadzonych w ziarnie białek glutenowych i ich właściwości wpływają również inne zabiegi agrotechniczne [Podolska i Stankowski, 2001], a także rodzaj gleby [Vrkoc i in., 1995] i warunki pogodowe [Tanacs i in., 1994; Mikhaylenko i in., 2000].

Weiser [2000] porównał skład jakościowy i ilościowy białek glutenowych pszenicy orkisz do innych pszenic zwyczajnych. Mąki zostały poddane ekstrakcji z całkowitą wydajnością białek w endospermie i frakcją białek glutenowych (podjednostki gliadyn i glutenin). Ekstrakty scharakteryzowano za pomocą elektroforezy z żelem poliakryloamidowym SDS i chromatografii cieczowej z

odwrócona fazą (HPLC-RP). Obie te metody wykazały, że grupy białek glutenowych i typy występujące w zwykłej pszenicy (ω , α , γ -gliadyny i podjednostki glutenin o wysokiej masie cząsteczkowej - HMW i małej masie cząsteczkowej - LMW) były obecne we wszystkich gatunkach pszenic. W większości przypadków dominowały α -gliadyny, następnie γ -gliadyny i podjednostki o małej masie cząsteczkowej. Składnikami występującymi w mniejszości były ω -gliadyny i podjednostki o wysokiej masie cząsteczkowej. Pszenica zwyczajna charakteryzowała się większą całkowitą zawartością glutenin i podjednostek HMW, które są ważne dla wartości wypiekowej. Ponadto typowy był mniejszy stosunek gliadyn do glutenin. Wartości dla pszenicy orkisz zawierały się w większości w średnim zakresie pomiędzy pszenicą zwyczajną a płaskurką i samopszą.

Schober i in. [2006] przeprowadzili badania, których celem było zrozumienie właściwości chemicznych glutenu pszenicy orkisz (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.) oraz dokonanie klasyfikacji europejskich odmian orkiszu pod względem jakości glutenu i porównanie ich składu białkowego z nowymi odmianami pszenic. Odkryto, że jakość glutenu cechuje się szeroką zmiennością oraz, że zachodzi interakcja pomiędzy odmianą, a miejscem uprawy w przypadku reologii glutenu i parametrów jakości oraz klas białek.

Singh i in. [2010] przeprowadzili badania, których celem było określenie wpływu różnych terminów siewu na jakość białka mąki pszennej dwóch genotypów różniących się zapotrzebowaniem na wodę. Udowodnili, że opóźniony siew w połączeniu z wysoką temperaturą podczas okresu wypełniania ziarna wpłynął na wzrost całkowitej zawartości białka w ziarnie. Niska temperatura spowodowała wzrost zawartości nierozpuszczalnych glutenin, ale zmniejszyła całkowitą akumulację białka w obu genotypach. Na podstawie badania [Singh i in., 2010] można wnioskować, że termin siewu wpływa na właściwości mąki danej odmiany.

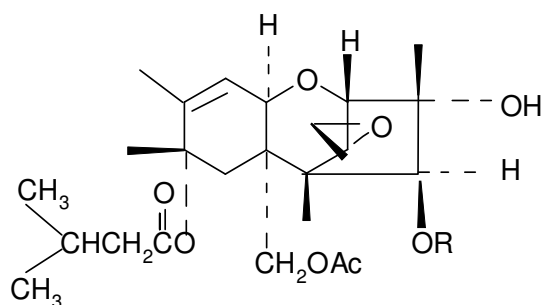
Labuschagne i in. [2009] również udowodnili, że termin siewu wpływa na procentową zawartość białka w ziarnie. Późno siana pszenica zazwyczaj kwitnie później i okres wypełniania ziarna pokrywa się z wystąpieniem wysokiej temperatury. Stwierdzono, że ekstremalne temperatury i okres suszy podczas wypełniania ziarna są głównym źródłem zmienności cech jakościowych mąki pszennej. Na przykład skrócenie czasu trwania okresu wypełniania ziarna ze względu na stres suszy lub wysokiej temperatury wykazał skrócenie czasu trwania syntezy glutenin [Labuschagne i

in., 2009]. Zatem wielkość wpływu wysokich temperatur na akumulację białek może być modyfikowana poprzez zmianę terminu siewu [Wardlaw, 1994].

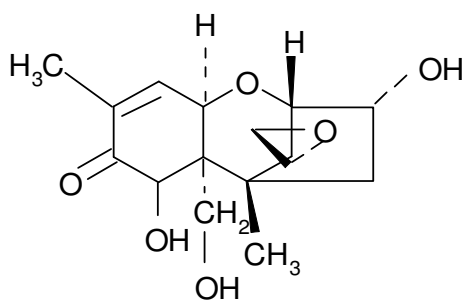
2.3. Mikotoksyny w zbożach

Mikotoksyny są wtórnymi metabolitami grzybów (pleśni). Zawartość mikotoksyn jest ważnym wskaźnikiem jakości ziarna zbóż, produktów spożywczych i pasz. Grzyby z rodzaju *Fusarium* należą o najbardziej patogennych grzybów toksynotwórczych. Mogą występować na wszystkich rodzajach zbóż, licznych trawach oraz na powierzchni innych roślin [Selwet, 2010]. Tworzenie toksyn przez grzyby z rodziny *Fusarium* zależy od warunków atmosferycznych, sprzyja temu temperatura powyżej 20°C, duża wilgotność utrzymująca się ponad 48 godzin, a także osłabienie roślin. Zasadnicze znaczenie dla akumulacji mikotoksyn w ziarnie zbóż ma porażenie kłosów i ziarniaków [Lisowicz, 2000; Selwet, 2009; Chełkowski, 1998; Bottalico i Perrone, 2002].

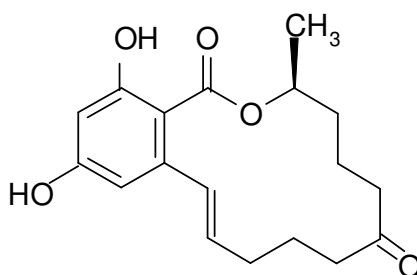
Najważniejszą grupę toksyn wytwarzanych przez grzyby z rodzaju *Fusarium* stanowią trichoteceny. Należą tutaj T-2 toksyna i HT-2 toksyna (rys.1) oraz deoksyniwalenol (DON) (rys.2). Zazwyczaj tworzą je dwa gatunki grzybów: *Fusarium graminearum* i *Fusarium culmorum* [Selwet, 2009]. Te same gatunki grzyba wykazują zdolność do syntezy innej mikotoksyny – zearalenonu (ZEA). Stąd DON często występuje razem z zearalenonem [Bottalico, 1998; Chełkowski, 1998; Bottalico i Perrone, 2002].



Rysunek 1. Wzór chemiczny T2 toksyny: R=Ac i HT2 toksyny: R=H.



Rysunek 2. Wzór chemiczny deoksyniwalenolu.



Rysunek 3. Wzór chemiczny zearalenonu [Chełkowski 2008].

Porażenie zbóż grzybami *F. graminearum*, *F. culmorum* i *F. cerealis* wskazuje na prawdopodobieństwo wystąpienia mikotoksyn [Bottalico, 1998; Bottalico i Perrone, 2002]. Grzyby te powodują corocznie znaczące straty w rolnictwie, są silnymi patogenami nie tylko roślin zbożowych, a także motylkowych, zarówno siewek, jak i roślin dojrzewających. Wywołują zgorzel siewek, zgorzel podstawy źdźbła, fuzariozę kłosów [Tuite, 1979].

Czynnikami wpływającymi na rozwój toksynotwórczych grzybów pleśniowych w materiale roślinnym są ogólne warunki środowiskowe podczas wegetacji zbóż, ich zbioru i przechowywania oraz podczas ich przetwarzania [Gajęcki i in., 2010]. Spośród czynników agrotechnicznych ograniczających występowanie grzybów fuzaryjnych a przez to mikotoksyn wymienić należy odporność odmian, płodozmian, uprawę roli, nawożenie, termin siewu, stosowanie środków ochrony roślin [Gajęcki i in., 2010].

Nawozy sztuczne mogą oddziaływać na grzyby pleśniowe z rodziny *Fusarium* sp. poprzez zmianę tempa rozkładu pozostałości pozostawionych, zmianę tempa wzrostu roślin, zmianę struktury gleby i jej aktywności mikrobiologicznej.

Nadmiar azotu w glebie powoduje zwiększenie częstotliwości zainfekowania ziaren grzybami pleśniowymi z rodziny *Fusarium*. lecz nie ma wpływu na stopień zanieczyszczenia np. deoksyniwalenolem [Yi i in., 2001].

Termin siewu jest również czynnikiem wpływającym na porażenie chorobami *Fusarium*. Prawdopodobieństwo zakażenia zwiększa się, gdy czas kwitnienia zbiegnie się z terminem uwalniania zarodników grzybów pleśniowych Gajęcki i in. [2010].

W Polsce obecność grzybów tworzących zearalenon w latach 1978-1980 stwierdzono w 31% próbach ziarna, co świadczy o dużym rozpowszechnieniu producentów tej mikotoksyny na roślinach zbożowych [Chełkowski, 1998]. Badania przeprowadzone w Polsce wykazały, że zawartość zearalenonu w pszenicy kształtowała się na poziomie od 10 do 200 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ [Perkowski i in., 1999]. W próbach ziarna pszenicy z kłosów porażonych przez *F. graminearum* zawartość zearalenonu w roku 2005 wynosiła 32 do 580 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ [Gromadzka i in., 2008].

Jak wynika z przeglądu literatury wiedza na temat uprawy orkisz w naszym kraju jest niewystarczająca. W większości badania dotyczą charakterystyki technologicznej odmian niemieckich i nie w pełni wyjaśniają mechanizm działania podstawowych czynników agrotechnicznych.

3. METODYKA BADAŃ

W celu weryfikacji hipotezy badawczej prowadzono doświadczenie polowe i mikroplotkowe oraz oznaczenia laboratoryjne.

3.1. Doświadczenie polowe

3.1.1. Czynniki doświadczenia

Doświadczenie polowe pt.: „Wpływ dawki azotu i gęstości siewu na poziom plonów, wartość technologiczną i zawartość mikotoksyn w ziarnie pszenicy orkiszowej odmiany STH 4809” założono w latach 2006-2009 w ODR Szepietowo, miejscowości Osobne, gmina Sokółka w województwie podlaskim w układzie podbloków losowanych (*split-plot*) w trzech powtórzeniach. Rośliną doświadczalną była pszenica ozima STH 4809 (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.). Powierzchnia plotka wynosiła 27,6 m².

Doświadczenie polowe obejmowało następujące czynniki:

1. gęstość siewu:

a₁ - 400 ziaren·m⁻²

a₂ - 500 ziaren·m⁻²

a₃ - 600 ziaren·m⁻²

2. dawka azotu:

b₁ - 0 kg N·ha⁻¹ (obiekt kontrolny)

b₂ - 40 kg N·ha⁻¹

b₃ - 80 kg N·ha⁻¹

b₄ - 120 kg N·ha⁻¹

3.1.2. Warunki glebowe

Doświadczenie założono na glebie brunatnej wylugowanej wytworzonej z glin. Glebę zaliczono do kompleksu przydatności rolniczej żytniego bardzo dobrego, klasy bonitacyjnej – IVa. Charakteryzowała się ona dobrą kulturą, właściwym uwilgotnieniem oraz prawidłowym stanem agrotechnicznym (tab. 1).

Tabela 1. Zawartość podstawowych składników pokarmowych oraz odczyn gleby pól doświadczalnych w miejscowości Osobne gm. Sokółka, woj. podlaskie

Składnik pokarmowy	Lata		
	2006/2007	2007/2008	2008/2009
fosfor (mgP·100g ⁻¹ gleby)	10,3	11,6	9,6
potas (mgK·100g ⁻¹ gleby)	11,4	10,4	10,1
magnez (mgMg·100g ⁻¹ gleby)	2,9	3,8	3,6
pH _{KCl}	5,7	5,6	5,6

3.1.3. Elementy agrotechniki

Przedplonem dla pszenicy orkiszowej w roku 2006 był ziemniak, a w roku 2007 i 2008 mieszanka strączkowo - zbożowa. Uprawa roli w roku 2006 obejmowała orkę siewną na głębokość 23 cm. Wykonano ją przy użyciu pługa dwuskibowego. Następnym zabiegiem było bronowanie przy użyciu brony ciężkiej oraz bronowanie posiewne przy użyciu brony lekkiej. W roku 2007 i 2008 uprawa roli obejmowała wykonanie podorywki na głębokość 12 cm za pomocą trzyskibowego pługa, następnie bronowanie przy użyciu brony ciężkiej, kultywatorowanie, orkę siewną na głębokość 21 cm za pomocą pługa dwuskibowego, bronowanie przedsiewne (brona ciężka) i bronowanie posiewne (brona lekka).

Nasiona przed siewem zaprawiano zaprawą nasienną Funaben T w dawce 200g/100kg ziaren. Siew wykonano 03.10.2006r., 25.09.2007r., 27.09.2008r. w rzędach o rozstawie 11 cm.

Chwasty jednoliścienne i dwuliścienne w zasiewach zwalczano stosując jesienią po wschodach pszenicy (BBCH 20) Cougar 600 SC w dawce 1,5 l·ha⁻¹ oraz na wiosnę w drugiej połowie kwietnia w fazie krzewienia (BBCH 25) środek chwastobójczy Sekator 125 OD w dawce 0,15 l·ha⁻¹ przeznaczony do powschodowego zwalczania chwastów dwuliściennych.

Przedsiewne zastosowano nawożenie mineralne w formie superfosfatu potrójnego w dawce 70 kg·ha⁻¹ oraz sól potasową w dawce 90 kg·ha⁻¹.

Pszenicę nawożono saletrą amonową podzieloną w dwóch 50% dawkach:

I dawka – ruszenie wegetacji na wiosnę (BBCH 23)

II dawka – początek strzelania w źdźbło (BBCH 32)

W pierwszym roku doświadczenia polowego (16.07.2007r.) zaobserwowano septoriozę plew (kłosów), natomiast w dwóch kolejnych latach doświadczeń (2008, 2009) nie zaobserwowano chorób. We wszystkich trzech latach doświadczeń nie zaobserwowano również szkodników roślin.

Zbiór ziarna pszenicy orkisz dokonano w okresie dojrzałości pełnej (BBCH 89), kombajnem 2020. Dаты omłotów były następujące: 14.08.2007r., 18.08.2008r. oraz 13.08.2009r.

3.1.4. Analizy i pomiary

W okresie wegetacji określone zostały daty występowania faz wzrostu i rozwoju, wyleganie, porażenie przez ważniejsze choroby.

Po zbiorze oznaczono plon i cechy struktury plonu – liczbę roślin i kłosów na jednostce powierzchni, liczbę ziaren w kłosie, liczbę ziaren z rośliny, długość kłosa, liczbę pięterek w kłosie, plon ziarna z kłosa i rośliny, MTZ, plon słomy, indeks żniwny.

3.2. Doświadczenie mikropoletkowe

W latach 2008-2010 prowadzono doświadczenie pt.: „Wpływ terminu i gęstości siewu oraz odmiany na poziom plonowania, cechy struktury plonu, wartość technologiczną i zawartość mikotoksyn w ziarnie pszenicy orkiszowej i zwyczajnej”. Było to doświadczenie trzyczynnikowe założone metodą podbłoków losowanych. Powierzchnia poletka do zbioru wyniosła 1,0 m².

3.2.1. Czynniki doświadczenia

Doświadczenie obejmowało następujące czynniki:

1. termin siewu:

a₁ – optymalny

a₂ – opóźniony (2 tygodnie w stosunku do poprzedniego)

2. gęstość siewu:

a₁ - 300 ziaren·m⁻²

a₂ - 450 ziaren·m⁻²

a₃ - 600 ziaren·m⁻²

3. odmiana:

c₁ - pszenica ozima STH 8 (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.)

c₂ - pszenica ozima STH 4809 (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.)

c₃ - pszenica ozima Sukces (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare* L.)

3.2.2. Warunki glebowe, nawożenie i środki ochrony roślin

Doświadczenie założono na glebie kompleksu pszennego dobrego, klasy bonitacyjnej IVa. Ziarno zaprawiono zaprawą nasienną Baytan Universal w dawce 200g/100kg ziaren. Przedsięwzięcie zastosowano nawożenie Polifoską w ilości 80 kg·ha⁻¹. Na wiosnę zastosowano nawożenie azotowe w formie saletry amonowej w ilości 90 kg·N ha⁻¹, w dwóch dawkach:

I dawka - 50 kg·N ha⁻¹ w fazie ruszenia wegetacji na wiosnę (BBCH 23)

II dawka- 40 kg·N ha⁻¹ na początku fazy strzelania w źdźbło (BBCH 30)

W zależności od pojawiania się chorób lub szkodników stosowano środki ochrony roślin. W pierwszym roku doświadczenia 13.06.2008r. zastosowano oprysk od skrzypionki preparatem Karate 025 EC. Zabieg wykonano po wykłoszeniu (BBCH 59) w dawce 0,2 l·ha⁻¹. W drugim roku doświadczenia 2008/09 zastosowano następujące środki chemiczne: we wczesnej fazie rozwoju pszenicy (BBCH 12) 10.10.2008r. oprysk od ploniarki zbożówki preparatem Pirimor 500 WG w dawce 0,25 kg ·ha⁻¹, w fazie kłoszenia (BBCH 56) 05.06.2009r. oprysk od skrzypionki preparatem Karate 025 EC w dawce 0,2 l·ha⁻¹ oraz zastosowano w początku fazy dojrzałości woskowej (BBCH 83) dnia 23.06.2009r. środek grzybobójczy Artea 330 EC w dawce 0,5 l·ha⁻¹. W trzecim roku doświadczenia w początku fazy krzewienia (BBCH 21) zastosowano 09.10.2009r. oprysk od ploniarki zbożówki środkiem - Owadofos 540 EC w dawce 1 l·ha⁻¹.

Zabiegi pielęgnacyjne polegające na usuwaniu chwastów na poletkach przeprowadzono ręcznie. Zbioru dokonano w okresie dojrzałości pełnej (BBCH 89).

3.2.3. Analizy i pomiary

W okresie wegetacji określone zostały daty występowania faz wzrostu i rozwoju, wyleganie, porażenie przez ważniejsze choroby.

Po zbiorze oznaczono plon i cechy struktury plonu – liczbę roślin i kłosów na jednostce powierzchni, liczbę ziaren w kłosie, liczbę ziaren z rośliny, długość kłosa, liczbę pięterek w kłosie, plon ziarna z kłosa i rośliny, MTZ, plon słomy

3.3. Analizy laboratoryjne

Po zbiorze ziarno pszenicy z obu doświadczeń poddano analizie laboratoryjnej w celu oznaczenia podstawowych wyróżników jakościowych charakteryzujących przydatność technologiczną ziarna i mąki. Ponadto oznaczono ilość mikotoksyn oraz grupy białek.

Oznaczono:

- gęstość ziarna w stanie zsypanym ($\text{kg}\cdot\text{hl}^{-1}$)
- zawartość białka w ziarnie (%)
- wydajność glutenu mokrego w ziarnie (%)
- indeks glutenu
- liczbę opadania metodą Hagberga – Pertena (s)
- wskaźnik sedymentacyjny SDS (cm^3)
- właściwości farinograficzne: wodochłonność mąki (%), czas rozwoju ciasta (min.), stałość ciasta (min.), rozmiękczenie ciasta (FU), liczba jakości
- zawartość mikotoksyn fuzaryjnych: deoksyniwalenolu (DON) (ppb lub $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$), toksyny T-2/HT-2 (ppb lub $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$), zearalenonu (ZEA) (ppb lub $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)
- zawartość poszczególnych grup białek i ich frakcji: albuminy, globuliny, ω -, α -, β - gliadyny, gluteniny (HMW, LMW) (mAU x s)

Oznaczenia wykonano zgodnie z następującymi normami:

PN –EN ISO 3093 Pszenica, żyto i mąki z nich uzyskane, pszenica durum i semolina –

Oznaczanie liczby opadania metodą Hagberga – Pertena;

PN-68/R-74017 Oznaczanie masy 1000 ziaren;

PN-72/A-74001 Przetwory zbożowe- Pobieranie próbek;

PN-ISO 5530-1:1999 Mąka pszenna – Fizyczne właściwości ciasta – Oznaczanie wodochłonności i właściwości reologicznych za pomocą farinografu;

PN-ISO 712 Zboża i przetwory zbożowe – Oznaczanie wilgotności (wagosuszarka temp.-140°C, czas 15min.);

PN-ISO 7971-2 Oznaczanie gęstości ziarna w stanie zsypanym;

Veratox, DON 5/5, Test ilościowy do oznaczania deoksyniwalenolu (DON), Nr Ref. 8331;

Veratox, Test ilościowy, Toksyna T-2/HT-2, Nr Ref. 8230;

Veratox, Test ilościowy, Zearalenon, Nr Ref. 8110;

3.3.1. Gęstość ziarna w stanie zsypanym

Do oznaczenia gęstości ziarna w stanie zsypanym użyto gęstościomierza zbożowego 11, typu RP T 01 77, model SK, Sadkiewicz Instruments, zgodnego z PN-ISO 7971-2. Przed wykonaniem oznaczenia próby ziarna oczyszczono za pomocą sita w celu usunięcia zanieczyszczeń oraz pozostałości niewymłóconych kłosek. Naczynie do nasypywania napełniono ziarnem do kreski oznaczającej 1350 ml i następnie przesypano je do napełniacza z wysokości 3-4 cm od górnego brzegu w taki sposób, aby ziarna spadały na środek nie dotykając napełniacza. Prędkość przesypania była równomierna, a czas przesypania wynosił 11-13 s. Po napełnieniu, szybkim ruchem, wyciągnięto nóż, unikając wstrząsania. Umieszczono ponownie nóż w szczelinie przesuwając go przez ziarno jednym ruchem. Usunięto nadmiar ziarna pozostający na nożu, wyciągnięto nóż i zważono pojemnik. Gęstość ziarna odczytano z tablic redukcyjnych. Oznaczenie przeprowadzono w dwóch powtórzeniach.

3.3.2. Zawartość białka

Próbę ziarna rozdrobniono na młynie laboratoryjnym (śrutowniku) firmy Perten. Zawartość białka oznaczono w Głównym Laboratorium Analiz Chemicznych IUNG-PIB w Puławach. Przeprowadzono mineralizację prób na drodze mokrej (steżony H₂SO₄ + perhydrol) wg IB 8.1., a następnie oznaczono azot (N) metodą spektrofotometrii przepływowej wg PB 48.1 wyd. I 24.06.2002r. Zawartość białka obliczono stosując przelicznik 5,7·N. Oznaczenie przeprowadzono w dwóch powtórzeniach.

3.3.3. Wilgotność ziarna

Do pomiaru wilgotności mąki z pełnego przemiału użyto wagosuszarki MA35 firmy Sartorius, której działanie opiera się na metodzie termogravimetrycznej. Polega ona na określaniu ubytku masy substancji w wyniku ogrzewania. Próbkę ziarna była ważona przed i po nagrzewaniu, a różnice mas przeliczone w stosunku do masy początkowej lub końcowej (masy suchej). Waga początkowa zmielonego ziarna pszenicy wynosiła 5 g. Oznaczenie wilgotności wykonano w temperaturze 140°C w czasie 15 minut.

3.3.4. Gluten mokry i indeks glutenu

Próbę ziarna rozdrobniono na młynie laboratoryjnym (śrutowniku) firmy Perten. Do oznaczania ilości mokrego glutenu oraz jego jakości w pszenicy użyto zestawu urządzeń Gluten Index System. Metoda polega na zagnieceniu ciasta oraz wymyciu skrobi 2% roztworem NaCl. Proces ten przebiegał automatycznie w jednej sekwencji, w czasie 5 minut. Odwirowanie uformowanego glutenu odbywało się na kasetach sitowych, przy obrotach 6000 +/- 5 obr./min. Gluten został rozdzielony na dwie frakcje, których proporcja mas jest w ścisłym związku z jego jakością (właściwościami mechanicznymi, elastycznością). Łączna masa obu frakcji została pomnożona przez 10 i dała ilość mokrego glutenu (%), natomiast stosunek masy frakcji która nie przeszła przez sito do łącznej masy obu frakcji pomnożona przez 100 dała bezwymiarowy indeks glutenu, który jest wyróżnikiem jakościowym glutenu. Indeks glutenu waha się w zakresie od 0 dla glutenu całkowicie nieprzydatnego do 100 jednostek dla glutenu "zbyt mocnego". Łączny czas wykonania oznaczenia wynosił około 10 minut. Oznaczenie przeprowadzono w dwóch powtórzeniach.

3.3.5. Wskaźnik sedymentacyjny SDS

Próbę ziarna rozdrobniono w młynku laboratoryjnym Perten. Do analizy użyto 6 g śruty. Próbkę umieszczono w cylindrze miarowym z 50 ml wody. Następnie zawartość cylindra wstrząsano przez 15 s, odstawiono na 2 min. Czynność powtórzono dwa razy. Bezpośrednio po ostatnim wstrząsaniu dodano 50 ml roztworu 2% SDS (dodecylosiarczanu (VI) sodu) i 1% kwasu mlekowego. Czterokrotnie odwrócono cylinder i pozostawiono na 2 minuty. Czynność powtórzono cztery razy, a następnie

cyliny odstawiono na 20 minut. Po tym czasie odczytano wynik. Oznaczenie wykonano w dwóch powtórzeniach.

3.3.6. Liczba opadania

Próbkę ziarna rozdrobniono na młynie laboratoryjnym (śrutowniku) firmy Perten. Do oznaczenia aktywności alfa-amylazy w pszenicy użyto automatycznego aparatu Falling number 1500, który wykorzystuje metodę pomiaru liczby opadania według Hagberga-Pertena. Do analizy użyto wymaganej masy próbki o różnej wilgotności, w celu zapewnienia stałego poziomu zawartości suchej masy. Próbkę śruty w próbówce wiskozymetrycznej razem z mieszadłem umieszczono we wrzącej łaźni wodnej. Aparat automatycznie zmierzył szybkość opadania mieszadła w kleiku skrobiowym. Oznaczenie wykonano w dwóch próbkach szybko jedna po drugiej.

3.3.7. Właściwości reologiczne

Przed przemiałem kondycjonowano ziarno pszenicy orkiszowej do wilgotności 14% w czasie 24h.

Do otrzymania mąki z badanych prób pszenicy orkiszowej użyto młynka czterowalcowy z odsiewaczem bębnowym Quadrumat Junior firmy Brabender. Przemiał próbki ziarna na tym młynku odpowiadał parametrom uzyskiwanym na młynie przemysłowym. Młyn Quadrumat Junior charakteryzowały następujące parametry: dopuszczalna wilgotność ziarna do przemiału – 15-17%, powtarzalność - +/- 1,5%, wyciąg - 65-70%, zakres popiołowości – 0,5-0,7%, wydajność – 500g/5min.

Do oznaczenia właściwości reologicznych ciasta mąki orkiszowej użyto urządzenie Farinograph-E firmy Brabender. Otrzymany w wyniku testu farinogram przedstawia kompletny, graficzny obraz charakterystyki jakościowej mąki pszennej, dzięki czemu możliwe było dokładne określenie zdolności absorpcji wody przy określonej konsystencji ciasta. Natomiast interpretacja farinogramu umożliwiła określenie stopnia odporności mechanicznej w procesie miesienia w jednostkach farinograficznych (Farinograph Units). Automatyczny podział wykresu na poszczególne elementy, przy zadanych parametrach analizy pozwolił na określenie pojedynczych czynników, które odzwierciedlają rzeczywistą charakterystykę technologiczną mąki

pszennej, takich jak: wodochłonność mąki w %, wzrost ciasta w jednostce czasu (minutach), stabilność w minutach, rozmiękczenie oraz liczbę jakości.

Urządzenie wyposażone było w głowicę mieszająco-pomiarową typu 300 H - model No 8 275 04 niezbędną do przygotowania ciasta i otrzymania farinografu. Pojemność czaszy miksującej wynosiła 300 g i była termostatowana zewnętrznie. W skład dodatkowego wyposażenia weszły: termometr 0 - 50°C i biureta typu 300, termostat cyrkulacyjny T 150 E całkowicie elektroniczny z wbudowanym systemem chłodzącym oraz zakresem zmian temperatury od + 20 do + 100°C z dokładnością +/- 0,02°C i zdolnością grzewczą 2000 W. W warunkach oznaczeń termostat utrzymywał temperaturę 30°C (+/-0,02°C).

3.3.8. Frakcje białek

Rozdział na poszczególne frakcje białek wykonywano w Katedrze UWM wg podanej poniżej metodyki.

Próbę ziarna w ilości 3 g rozdrabniano w młynku laboratoryjnym IKA A10 (Labortechnik), w ten sposób, aby wszystkie cząstki przesiewały się przez sito o wielkości oczek 400µm (90 % stanowiły cząstki drobniejsze od 250µm). Próbkę odłuszczone przy użyciu eteru naftowego w aparatach Soxhleta (16 godz.). Po odparowaniu rozpuszczalnika naważona do probówek eppendorf'a po 100 mg mączki i ekstrahowano trzy frakcje białek według Wieser i in. [1998]:

- 1) albuminy + globuliny - 2-krotna ekstrakcja 1 cm³ mieszaniny (0.4 mol/L NaCl + 0.067 mol/L HKNaPO₄ o pH 7.6)
- 2) gliadyny - 3-krotna ekstrakcja 1 cm³ mieszaniny (60% etanol)
- 3) gluteniny - 2-krotna ekstrakcja 1 cm³ mieszaniny (50% propanol-1 + 2mol/L mocznik + 0.05 mol/L Tris-HCl (pH 7.5) + 1% DTE pod azotem)

Dwie pierwsze frakcje białek ekstrahowano w temperaturze pokojowej wykorzystując termomikser firmy Eppendorf (10 min ekstrakcje). Gluteniny ekstrahowano w temperaturze 60°C również w termomikserze. Po każdej ekstrakcji próbki odwirowywano przy 11 000 x g. Zebrane frakcje liofilizowano i następnie rozpuszczono w 2 cm³ odpowiedniej fazy (1-3), oczyszczano na filtrze Spartan – 3 NY o wielkości porów 0,45µm i przenoszono do szklanych ampułek. Oznaczenie wykonano w aparacie Hewlett Packard serii 1050 o następujących parametrach: kolumna RP-18

Vydac 218TP54, 5 μ m, 250x4,6 mm, przedkolumna Zorbax 300SB-C18 4,6x12,5 mm, temp. kolumny 45°C, przepływ fazy ruchomej 1 ml/min, wielkość nastrzyku 20 μ l. Rozdział prowadzono stosując gradient dwuskładnikowy. Udział składnika A: 0 min 75%, 5 min 65%, 10 min 50%, 17 min 25%, 18 min 15%, 19 min 75% (A – woda z 0,1% dodatkiem TFA; B – ACN z 0,1% dodatkiem TFA).

Detekcję prowadzono przy użyciu detektora tej samej firmy stosując odczyt przy długości fali 210 nm.

Wyniki analizowano za pomocą programu komputerowego HPLC 3D ChemStation firmy HP.

Oznaczenie wykonano w dwóch powtórzeniach.

3.3.9. Zawartość mikotoksyn

Do oznaczenia zawartości mikotoksyn: deoksyniwalenolu (DON), toksyny T2/HT-2 i zearalenonu w pszenicy zastosowano metodę immunoenzymatyczną ELISA, z wykorzystaniem testu Veratox firmy Neogen. Odczyt gęstości optycznej prób wykonano, stosując czytnik mikroplótkowy (fotometr) Stat Fax 303 Plus (Neogen) przy długości fali 650 nm. Zgodnie z zaleceniem wyniki odczytano w ciągu 20 min od momentu dodania roztworu Red Stop. Gęstość optyczna wzorców tworzy krzywą standardową (zależność absorbancji od stężenia mikotoksyny), z którą porównywano wyniki prób badanych i na tej podstawie obliczano właściwe stężenie badanej mikotoksyny. Dla każdej przeprowadzonej analizy, oprócz wyników absorbancji i stężenia, uzyskano obliczoną wartość współczynnika korelacji R (zależność absorbancji od stężenia A/c). Zgodnie z zaleceniem producenta wyniki uznaje się za wiarygodne, gdy wartość współczynnika R nie jest mniejsza niż 0,996.

Próby reprezentatywne całkowicie rozdrobniono i do momentu ekstrakcji przechowywano w temperaturze 2-8°C.

Do ekstrakcji prób na oznaczenie zawartości zearalenonu i toksyny T-2/HT-2 użyto 70% roztworu metanol-woda. Po dodaniu rozpuszczalnika próby intensywnie wytrząsano przez 3 minuty. Ekstrakty przefiltrowano przez przepuszczenie przynajmniej 5 ml przez filtr Whatman 1 i zebrano filtry jako próby. Próby do badań przygotowano do oznaczenia poprzez rozcieńczenie ekstraktu wodą w stosunku 1:5 w

przypadku oznaczeń zearalenonu i 1:1 w przypadku toksyny T-2/HT-2. Przed rozpoczęciem analizy, testy (wszystkie reagenty) doprowadzono do temperatury pokojowej, około 18-30°C. Oznaczenie przeprowadzono zgodnie z normami Veratox, test ilościowy zearalenon o numerze referencyjnym 8110 oraz test ilościowy toksyna T-2/HT-2 Nr. Ref. 8230.

Do ekstrakcji prób na oznaczenie zawartości DON użyto wody destylowanej. Po dodaniu rozpuszczalnika próby intensywnie wytrząsano przez 3 minuty. Ekstrakty przefiltrowano przez przepuszczenie przynajmniej 5 ml przez filtr Whatman 1 i zebrano filtry jako próby. Przed rozpoczęciem analizy, testy (wszystkie reagenty) doprowadzono do temperatury pokojowej, około 18-30°C. Oznaczenie przeprowadzono zgodnie z normami Veratox, test ilościowy DON 5/5 o numerze referencyjnym 8331. Oznaczenie przeprowadzono w jednym powtórzeniu.

3.4. Analizy statystyczne

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie stosując analizę wariancji. Istotność cech określono testem Tukey'a dla poziomu ufności $\alpha=0,05$. Wykonano analizę związków korelacyjnych za pomocą Statgraphics Centurion, wersja XVI.

Przy interpretacji wyników wykorzystano następujące kryteria wartości współczynnika korelacji r:

- $r_{xy}=0$ zmienne nie są skorelowane,
- $0 < r_{xy} < 0,1$ korelacja nikła,
- $0,1 \leq r_{xy} < 0,3$ korelacja słaba,
- $0,3 \leq r_{xy} < 0,5$ korelacja przeciętna
- $0,5 \leq r_{xy} < 0,7$ korelacja wysoka,
- $0,7 \leq r_{xy} < 0,9$ korelacja bardzo wysoka,
- $0,9 \leq r_{xy} < 1$ korelacja prawie pełna [Stanisz, 2006].

4. WARUNKI METEOROLOGICZNE

4.1. Warunki meteorologiczne w latach realizacji doświadczenia polowego

Poszczególne sezony wegetacyjne różniły się układem warunków pogodowych. Dane meteorologiczne ilustruje tabela 2. Temperatura września 2006 roku była wyższa o 2,5°C, natomiast suma opadów o 11,6 mm mniejsza od średniej wieloletniej. W miesiącu tym były korzystne warunki do wykonania orki siewnej (20.09.2006r.), gleba była właściwie uwilgotniona. Temperatura października była wyższa o 2,6°C, a suma opadów o 4,4 mm mniejsza od średniej wieloletniej. Na początku tego miesiąca (03.10.2006r.) były korzystne warunki do wykonania uprawek przedsiewnych, dokonania siewu i dobrego skielkowania ziarna. Miesiące zimowe: grudzień, styczeń i marzec były cieplejsze od średniej wieloletniej odpowiednio o 5,6, 6,4 i 5,2°C, natomiast temperatura w lutym niższa o 0,4°C. Miesiąc ten był najzimniejszy w porównaniu do innych miesięcy, a średnia miesięczna temperatura lutego wyniosła - 3,5°C. Temperatura kolejnych miesięcy: kwietnia, maja, czerwca, lipca i sierpnia była wyższa od średniej wieloletniej odpowiednio o 0,9, 1,6, 2,4, 0,8 i 2,0°C. W styczniu suma opadów przewyższała o 34,9 mm wielolecie. W miesiącu tym wystąpiły opady śniegu i śniegu z deszczem. Suma opadów w grudniu, lutym, marcu, kwietniu, maju i sierpniu była mniejsza od średniej wieloletniej odpowiednio o 11,8, 7,0, 12,5, 18,3, 4,2 i 13,1 mm, natomiast w czerwcu i lipcu wyższa o 5,7 i 12,8 mm.

W sezonie wegetacyjnym 2007/2008 przebieg pogody był odmienny od poprzedniego. Temperatura września była o 0,4°C, a suma opadów o 5,4 mm wyższa od średniej wieloletniej. Październik charakteryzował się temperaturą na poziomie wielolecia, natomiast suma opadów w tym miesiącu była o 26,4 mm niższa. Miesiące zimowe: grudzień, styczeń luty i marzec były znacznie cieplejsze od średniej wieloletniej odpowiednio o 2,2, 4,2, 5,9 i 2,4°C. Średnia miesięczna temperatura grudnia i stycznia wyniosła odpowiednio -0,1 i 0,3°C. Suma opadów w grudniu i lutym była niższa o 26,8 i 0,9 mm, natomiast w styczniu i marcu wyższa o 22,9 i 0,5 mm od średniej wieloletniej. Miesiące: kwiecień, czerwiec, lipiec i sierpień charakteryzowały się temperaturą wyższą od średniej odpowiednio o 2,1, 1,2, 1,3, 1,6°C, a jedynie maj niższą o 0,3°C. Suma opadów w maju, czerwcu i lipcu była niższa o 13,2, 39,3 i 7,2

mm, natomiast w kwietniu i sierpniu przekroczyła średnią wieloletnią odpowiednio o 4,7 i 66,9 mm.

W sezonie wegetacyjnym 2008/2009 temperatura września nie różniła się od średniej wieloletniej, a suma opadów była niższa o 23,6 mm. Zarówno temperatura października jak i listopada przekraczała o 2,3°C wielolecie, suma opadów natomiast była o 26,4 i 15,7 mm niższa. Miesiące grudzień, styczeń, luty, marzec i kwiecień charakteryzowały się wyższą temperaturą w porównaniu do średniej wieloletniej odpowiednio o 2,6, 0,4, 1,2 0,7 i 2,9°C. Średnia miesięczna temperatura stycznia i lutego wyniosła odpowiednio -4,1 i 2,3°C. Suma opadów w grudniu, styczniu, lutym i kwietniu była niższa o 7,8, 4,1, 1,0 i 26,3 mm, a w marcu wyższa o 32,5 mm od średniej wieloletniej. Temperatura maja i czerwca była na poziomie średniej wieloletniej, natomiast suma opadów była wyższa o 18,8 i 91,7 mm. Lipiec i sierpień charakteryzowały się temperaturą wyższą o 2,1 i 0,8°C, a sumą opadów niższą o 23,2 i 3,1 mm od średniej wieloletniej.

Tabela 2. Średnie miesięczne temperatury powietrza (°C) i sumy opadów (mm) dla województwa podlaskiego (2006-2009).

Lata	2006/2007		2007/2008		2008/2009		Średnie z wielolecia	
	temperatura powietrza (°C)	opady (mm)	temperatura powietrza (°C)	opady (mm)	temperatura powietrza (°C)	opady (mm)	temperatura powietrza (°C) (1969-2005)	opady (mm) (1969-2009)
Wrzesień	14,5	43	12,4	60	12,0	31	12,0	54,6
Październik	9,6	44	7,1	22	9,3	22	7,0	48,4
Listopad	4,5	42	0,4	30	4,1	27	1,8	42,7
Grudzień	3,3	32	-0,1	17	0,3	36	-2,3	43,8
Styczeń	1,9	64	-0,3	52	-4,1	25	-4,5	29,1
Luty	-3,9	23	2,4	21	-2,3	29	-3,5	30,0
Marzec	5,6	22	2,8	35	1,1	67	0,4	34,5
Kwiecień	7,4	16	8,6	39	9,4	8	6,5	34,3
Maj	14,2	50	12,3	41	12,7	73	12,6	54,2
Czerwiec	18,1	76	16,9	31	15,3	162	15,7	70,3
Lipiec	17,9	97	18,4	77	19,2	61	17,1	84,2
Sierpień	18,3	57	17,9	137	17,1	67	16,3	70,1
Średnie roczne	9,3	566	8,2	562	7,8	608	6,6	596,3

4.2. Warunki meteorologiczne w latach realizacji doświadczenia mikropoletkowego

Warunki meteorologiczne dla doświadczenia mikropoletkowego przedstawiają tabele 3-4 oraz rysunki 4-9. Średnia temperatura września 2007 roku była na poziomie średniej wieloletniej. Suma opadów zaś wyższa o 23,9 mm. Opady wystąpiły głównie w pierwszej dekadzie tego miesiąca (52,9 mm). Druga i trzecia dekada charakteryzowała się stosunkowo małą ilością opadów, odpowiednio 8,7 i 9,3 mm. Temperatura października była na poziomie średniej, a suma opadów niższa o 35,6 mm od średniej wieloletniej. Pierwsza, druga i trzecia dekada października charakteryzowały się małymi opadami, odpowiednio 3,4, 3,6 i 1,4 mm. Temperatura listopada była o 1,4°C, a suma opadów o 2,3 mm niższa od wielolecia. W drugiej dekadzie listopada temperatura spadła poniżej zera i wyniosła -0,7°C. W listopadzie najwięcej opadów wystąpiło w pierwszej i w trzeciej dekadzie, odpowiednio 16,7 i 12,8 mm. Miesiące zimowe: grudzień, styczeń, luty i marzec były znacznie cieplejsze o 0,8, 4,4, 5,0 i 2,4°C niż średnio ze 100 lat. Temperatury poniżej zera wystąpiły w trzeciej dekadzie grudnia, pierwszej dekadzie stycznia oraz drugiej dekadzie lutego i wyniosły odpowiednio -4,8, -3,7 i -0,7°C. Suma opadów w grudniu i w lutym była niższa od średniej wieloletniej odpowiednio o 28,6 i 12,8 mm. Druga dekada grudnia charakteryzowała się największą wilgotnością powietrza wynoszącą 87,7%. W styczniu i w marcu suma opadów była wyższa od średniej wieloletniej odpowiednio o 12,6 i 21,4 mm. Najwięcej opadów wystąpiło w drugiej dekadzie stycznia i marca i wynosiły odpowiednio 22,2 i 23,2 mm. Temperatura kwietnia, czerwca i sierpnia była wyższa od średniej wieloletniej odpowiednio o 1,5, 1,2 i 1,3°C, natomiast temperatura maja i lipca była typowa dla wielolecia. Najcieplejsza okazała się druga dekada sierpnia ze średnią temperaturą wynoszącą 20°C. Średnie dekadowe temperatury czerwca, lipca i sierpnia utrzymywały się na podobnym poziomie. Suma opadów kwietnia, maja, czerwca, lipca i sierpnia była wyższa odpowiednio o 6,3, 36,9, 7,1, 6,8 i 7,4 mm od średniej wieloletniej. Najwięcej opadów wystąpiło w pierwszej dekadzie maja, drugiej dekadzie czerwca oraz trzeciej dekadzie lipca i wyniosły odpowiednio 47,9, 59,8 i 42,8 mm. Miesiące letnie takie jak maj, czerwiec, lipiec i sierpień charakteryzowały się wysokim średnim usłonecznieniem, które wynosiło odpowiednio 227,0, 334,0, 278,1 i 266,5 h. Największe usłonecznienie wystąpiło w pierwszej dekadzie czerwca i wyniosło 136,5 h. W miesiącach letnich najniższa wilgotność powietrza wystąpiła w pierwszej dekadzie

czerwca (39,4%), a najwyższa w trzeciej dekadzie maja (61,2%), drugiej dekadzie lipca (60,1%) i trzeciej dekadzie sierpnia (59,9%).

W sezonie wegetacyjnym 2008/2009 przebieg pogody był odmienny od poprzedniego. Średnia temperatura września 2008 roku była niższa o 1,0°C od średniej wieloletniej, suma opadów zaś wyższa o 22 mm. Opady wystąpiły głównie w drugiej i trzeciej dekadzie tego miesiąca i wyniosły odpowiednio 29,9 i 26,0 mm. Temperatura października była wyższa o 1,7°C, a suma opadów na poziomie średniej ze 100 lat. Największe opady w październiku wystąpiły w pierwszej i drugiej dekadzie oraz wyniosły odpowiednio 22,6 i 14,4 mm. Temperatura listopada była wyższa o 2,3°C, a suma opadów niższa o 17,9 mm od wielolecia. Miesiące zimowe: grudzień, styczeń, luty i marzec były cieplejsze od średniej wieloletniej odpowiednio o 2,8, 0,9, 1,7 i 0,7°C. Temperatuzy poniżej zera wystąpiły w trzeciej dekadzie grudnia, pierwszej i drugiej dekadzie stycznia oraz drugiej i trzeciej dekadzie lutego i wyniosły odpowiednio -1,1, -7,2, -2,4, -2,7 i -1,4°C. Suma opadów w grudniu, lutym i marcu była wyższa od średniej wieloletniej odpowiednio o 4,3, 8,7 i 35,8 mm, natomiast w styczniu o 5,7 mm niższa. Najwięcej opadów wystąpiło w drugiej dekadzie grudnia, trzeciej dekadzie stycznia, drugiej dekadzie lutego oraz pierwszej i trzeciej dekadzie marca i wyniosły odpowiednio 20,9, 19,2, 21,1, 20,6 i 28,3 mm. Temperatura kwietnia, lipca i sierpnia była wyższa od średniej wieloletniej odpowiednio o 3,1, 1,5 i 1,1°C, natomiast temperatura maja i czerwca była typowa dla wielolecia. Najcieplejsza była pierwsza i druga dekada lipca ze średnią temperaturą wynoszącą odpowiednio 20,2 i 20,6°C. Suma opadów w kwietniu i w maju była wyższa odpowiednio o 13,2 i 48,5 mm od średniej wieloletniej, natomiast lipca i sierpnia niższa o 18,0 i 2,5 mm. Najwięcej opadów wystąpiło w trzeciej dekadzie maja, pierwszej, drugiej i trzeciej dekadzie czerwca, pierwszej i trzeciej lipca oraz drugiej i trzeciej sierpnia, a suma dekadowa opadów wyniosła odpowiednio 51,7; 40,5, 43,4, 34,6, 34,0, 26,0, 22,7 i 36,8 mm. Miesiące takie jak: kwiecień, maj, czerwiec, lipiec i sierpień charakteryzowały się wysokim średnim usłonecznieniem, które wynosiło odpowiednio 309,0, 277,8, 200,6, 293,6 i 297,5 h. Największe usłonecznienie wystąpiło w trzeciej dekadzie kwietnia i wyniosło 132,0 h. Najniższa wilgotność powietrza wystąpiła w trzeciej dekadzie kwietnia (29,3%), a najwyższa w trzeciej dekadzie czerwca (73,1%).

W sezonie wegetacyjnym 2009/2010 temperatura września była wyższa od średniej wieloletniej o 1,3°C, a suma opadów niższa o 20,1 mm. Opady wystąpiły głównie w pierwszej i trzeciej dekadzie tego miesiąca i wyniosły odpowiednio 14,3

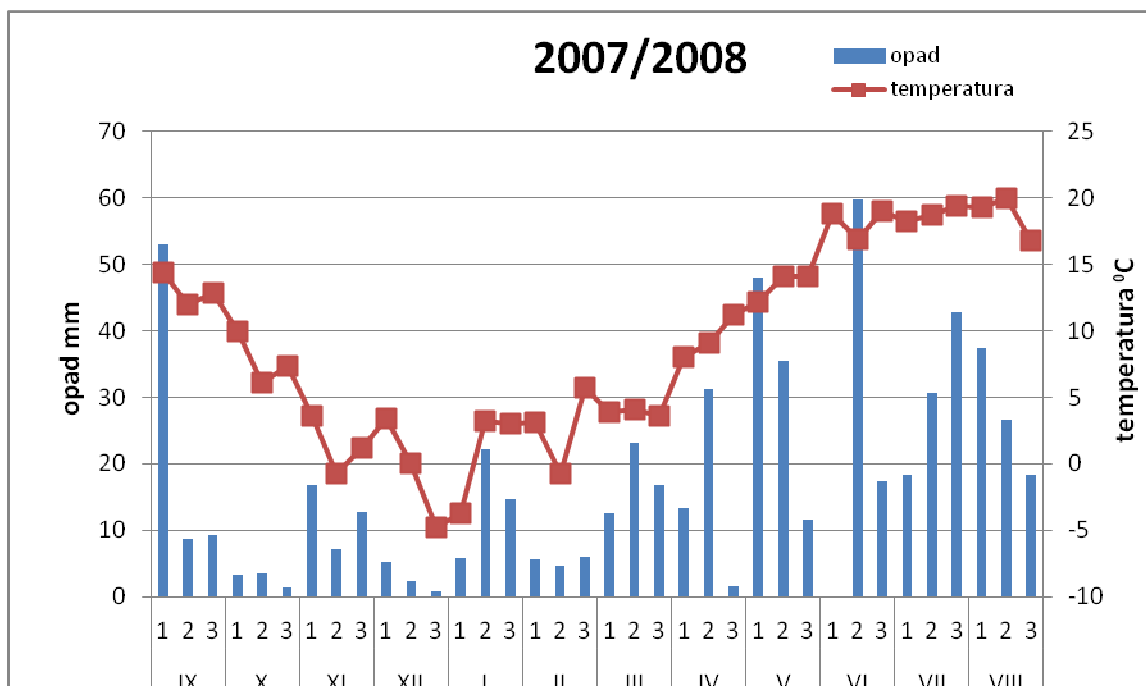
i 12,3 mm. Temperatura października była niższa o 1,4°C, a suma opadów była wyższa o 44,1 od wielolecia. W październiku największe opady wystąpiły w drugiej dekadzie i wyniosły 54,2 mm. Temperatura listopada była o 2,5°C, a suma opadów wyższa o 7,9 mm od średniej ze 100 lat. Temperatury grudnia i lutego były typowe dla wielolecia, natomiast sumy opadów wyższe o 18,4 mm i 5,5 mm. Temperatura stycznia, była o 4,9°C, a suma opadów o 0,7 mm niższa od średniej wieloletniej. Temperatury poniżej zera wystąpiły w drugiej i trzeciej dekadzie grudnia, pierwszej, drugiej i trzeciej dekadzie stycznia, pierwszej i drugiej dekadzie lutego oraz pierwszej dekadzie marca, a dekadowa suma temperatur wyniosła odpowiednio -7,6, -0,3, -5,6, -7,0, -12,4, -5,6, -1,8 i -2,2°C. W miesiącach zimowych najwięcej opadów wystąpiło w trzeciej dekadzie grudnia, pierwszej dekadzie stycznia, drugiej dekadzie lutego oraz drugiej dekadzie marca i wyniosły odpowiednio 34,6; 20,0; 24,7 i 14,8 mm. Temperatura kwietnia, maja, czerwca, lipca i sierpnia była wyższa od średniej wieloletniej odpowiednio o 1,4, 0,7, 1,3, 3,5 i 2,9°C. Najwyższa temperatura wystąpiła w drugiej dekadzie lipca i wyniosła 24,9°C. W odniesieniu do wielolecia kwiecień, czerwiec i lipiec charakteryzowały się niższą o 22,7, 12,3 i 30,6 mm, sumą opadów natomiast maj i sierpień o 49,0 i 13,9 mm wyższą. Najwięcej opadów wystąpiło w drugiej dekadzie maja, trzeciej dekadzie lipca i sierpnia, a suma dekadowa opadów wyniosła odpowiednio 60,5, 50,9 i 56,5 mm. Kwiecień, czerwiec, lipiec i sierpień charakteryzowały się wysokim średnim usłonecznieniem, które wynosiło odpowiednio 201,2, 275,1, 306,5 i 254,0 h. Największe usłonecznienie wystąpiło w pierwszej dekadzie lipca i wyniosło 128,2 h. Najniższa wilgotność powietrza w miesiącach letnich wystąpiła w pierwszej dekadzie lipca (48,6%), a najwyższa w pierwszej dekadzie maja (84,3%).

Tabela 3. Średnie miesięczne temperatury powietrza (°C) i sumy opadów (mm) dla pszenicy ozimej na tle średnich ze stulecia, stacja meteorologiczna, Puławy, woj. lubelskie (2006-2009).

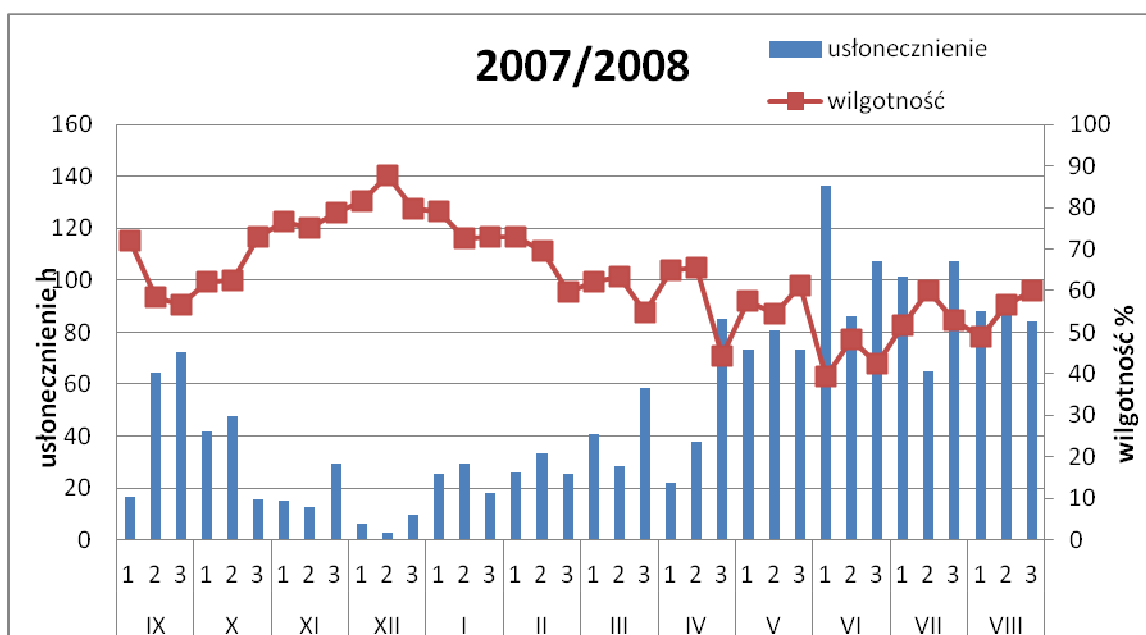
Lata	2007/2008		2008/2009		2009/2010		Średnia ze stu lat	
Miesiące	temperatura powietrza (°C)	opady (mm)	temperatura powietrza (°C)	opady (mm)	temperatura powietrza (°C)	opady (mm)	temperatura powietrza (°C)	opady (mm)
Wrzesień	13,1	70,9	12,5	69,0	14,8	26,9	13,5	47,0
Październik	7,8	8,4	9,9	44,0	6,8	88,1	8,2	44,0
Listopad	1,4	36,7	5,1	21,1	5,3	46,9	2,8	39,0
Grudzień	-0,6	8,4	1,4	41,3	-1,1	55,4	-1,4	37,0
Styczeń	0,9	42,6	-2,6	24,3	-8,4	29,3	-3,5	30,0
Luty	2,6	16,2	-0,7	37,7	-2,0	34,5	-2,4	29,0
Marzec	3,9	52,4	2,2	66,8	3,2	24,9	1,5	31,0
Kwiecień	9,4	46,3	11,0	0,7	9,3	17,3	7,9	40,0
Maj	13,5	94,9	13,7	71,2	14,3	107,0	13,6	58,0
Czerwiec	18,2	77,1	16,6	118,5	18,3	57,7	17,0	70,0
Lipiec	18,8	91,8	20,1	67,0	22,1	54,4	18,6	85,0
Sierpień	18,6	82,4	18,4	72,5	20,2	88,9	17,3	75,0
Średnie roczne	9,0	52,3	9,0	52,8	8,6	52,6	7,8	48,8

Tabela 4. Średnie miesięczna wilgotność powietrza (%) z godziny 13.00 i usłonecznienie (h) dla pszenicy ozimej na tle średnich ze stulecia, stacja meteorologiczna, Puławy, woj. lubelskie (2006-2009).

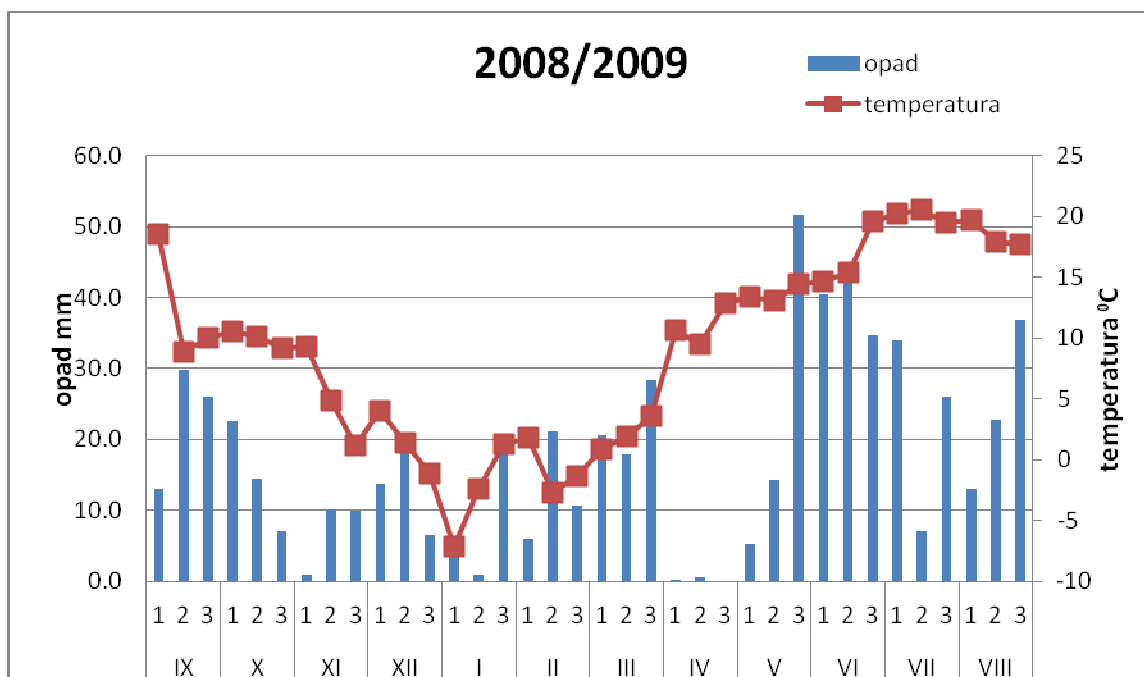
Lata	2007/2008		2008/2009		2009/2010	
Miesiące	wilgotność powietrza (%)	usłonecznienie (h)	wilgotność powietrza (%)	usłonecznienie (h)	wilgotność powietrza (%)	usłonecznienie (h)
Wrzesień	62	152,8	69	125,4	59	225,3
Październik	66	104,6	66	125,3	78	67,9
Listopad	77	56,9	76	56,8	78	53,4
Grudzień	83	18,6	80	48,6	86	16,9
Styczeń	75	72,4	81	39,5	89	27,1
Luty	68	84,4	75	37,2	79	73,3
Marzec	60	127,3	64	76,6	66	142,7
Kwiecień	58	143,9	41	309,8	57	201,2
Maj	58	227,0	51	277,8	78	156,7
Czerwiec	43	334,0	66	200,6	66	275,1
Lipiec	55	278,1	63	293,6	60	306,5
Sierpień	55	266,5	58	297,5	67	254,0
Średnie roczne	63	155,5	66	157,4	72	150,0



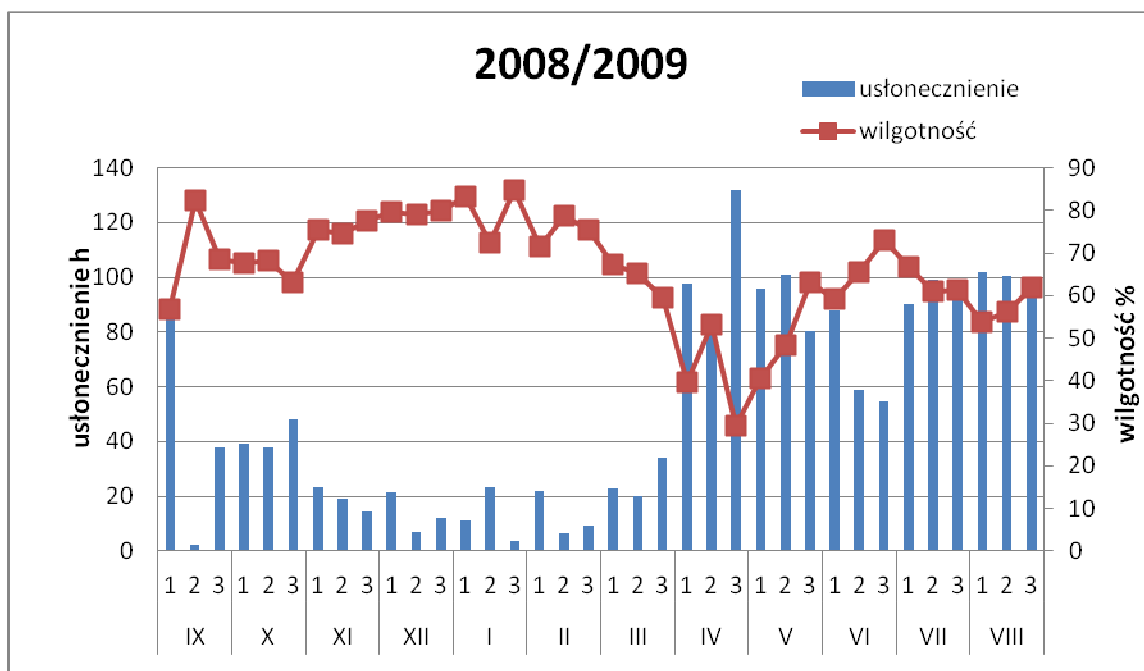
Rysunek 4. Dekadowe sumy opadów i średnia temperatura w sezonie wegetacyjnym 2007-2008 (Puławy).



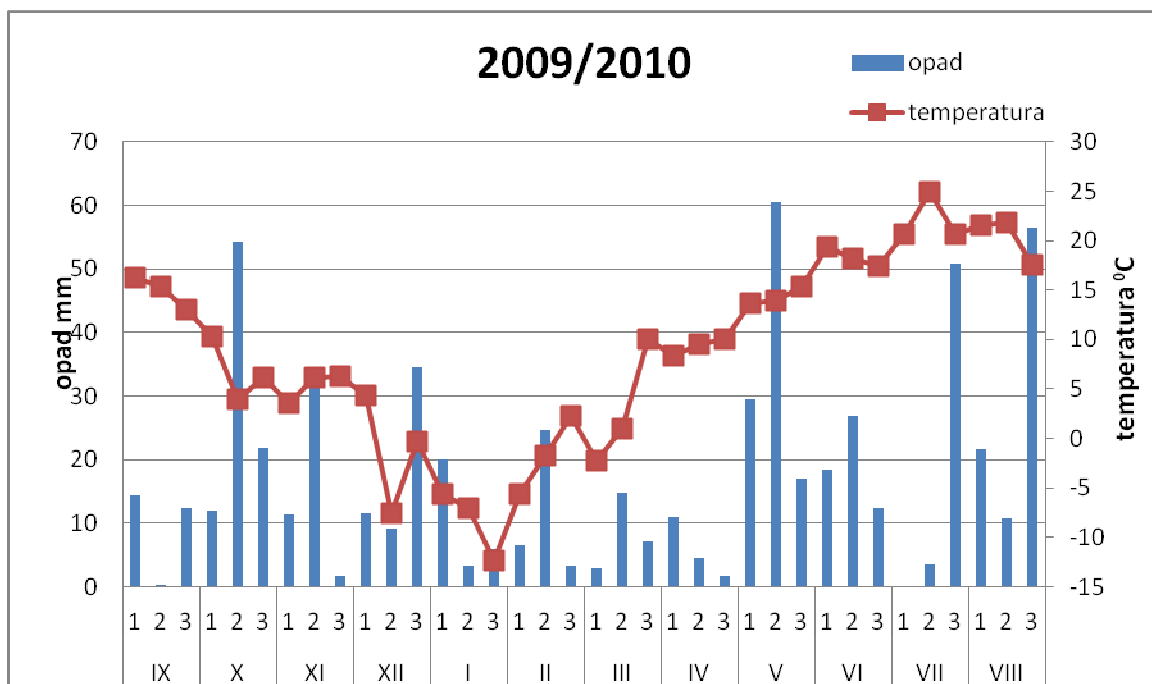
Rysunek 5. Dekadowe sumy usłonecznienia (h) i wilgotności (%) w sezonie wegetacyjnym 2007-2008 (Puławy).



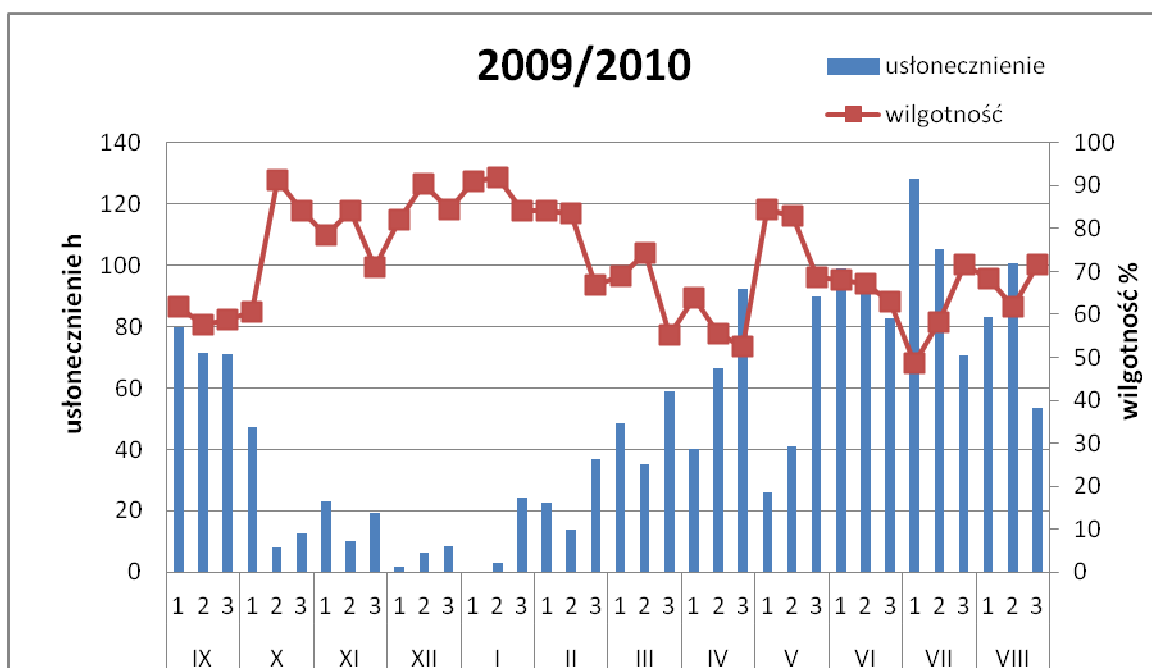
Rysunek 6. Dekadowe sumy opadów (mm) i temperatury (°C) w sezonie wegetacyjnym 2008-2009 (Puławy).



Rysunek 7. Dekadowe sumy usłonecznienia (h) i wilgotności (%) w sezonie wegetacyjnym 2008-2009 (Puławy).



Rysunek 8. Dekadowe sumy opadów (mm) i temperatury (°C) w sezonie wegetacyjnym 2009-2010 (Puławy).



Rysunek 9. Dekadowe sumy usłonecznienia (h) i wilgotności (%) w sezonie wegetacyjnym 2009-2010 (Puławy).

5. OMÓWIENIE WYNIKÓW

5.1. Wpływ dawki azotu i gęstości siewu na poziom plonów, wartość technologiczną i zawartość mikotoksyn w ziarnie pszenicy orkiszowej odmiany STH 4809 (doświadczenie polowe)

5.1.1. Długość okresu wegetacji oraz poszczególnych faz wzrostu i rozwoju

Lata badań wywarły wpływ na długość okresu wegetacji i poszczególnych okresów wzrostu i rozwoju, natomiast nie stwierdzono wpływu dawki azotu i gęstości wysiewu. Najdłuższym okresem wegetacji wynoszącym 328 dni charakteryzował się sezon 2007/2008, najkrótszym zaś okresem wegetacji wynoszącym 315 dni charakteryzował się sezon 2006/2007. W sezonie 2006/2007 nastąpiło skrócenie okresu od siewu do fazy wschodów, od fazy strzelania w źdźbło do fazy kłoszenia i od fazy dojrzałości mleczonej do fazy dojrzałości pełnej w porównaniu do sezonu 2007/2008 (tab. 5).

Tabela 5. Daty występowania oraz długość poszczególnych podokresów wegetacji u pszenicy orkiszowej odmiany STH 4809 z doświadczenia polowego

Podokresy wegetacji	2006/2007		2007/2008		2008/2009	
	data	liczba dni	data	liczba dni	data	liczba dni
Siew-wschody	03.10-12.10	9	25.09-08.10	13	27.09-10.10	13
Wschody-krzewienie	12.10-16.11	35	08.10-12.11	35	10.10-08.11	29
Krzewienie-strzelanie w źdźbło	16.11-03.05	168	12.11-29.04	169	08.11-30.04	173
Strzelanie w źdźbło-kłoszenie	03.05-01.06	29	29.04-31.05	32	30.04-01.06	32
Kłoszenie-dojrzałość mleczna	01.06-22.07	51	31.05-19.07	49	01.06-20.07	49
Dojrzałość mleczna-dojrzałość pełna	22.07-14.08	23	19.07-18.08	30	20.07-13.08	24
Długość okresu wegetacji	315		328		320	

5.1.2. Plon i cechy struktury plonu w zależności od nawożenia azotem

Nawożenie azotem wpływało na plon ziarna i cechy struktury plonu badanej odmiany STH 4809, jednak wpływ ten był zmienny w latach (tab. 6, rys.10).

Dawka azotu w sposób istotny różnicowała plon ziarna pszenicy ozimej *Triticum aestivum* ssp. *spelta* L. odmiany STH 4809. We wszystkich latach badań najwyższy plon stwierdzono po zastosowaniu 120 kg N·ha⁻¹, na tych obiektach w roku 2007 plon ziarna wynosił 6,6 t·ha⁻¹, w 2008 - 7,8 t·ha⁻¹, a w 2009 - 5,0 t·ha⁻¹. Jednak statystycznie istotny wzrost plonu nastąpił jedynie do zastosowania 80 kg N·ha⁻¹. Najniższy plon ziarna stwierdzono na obiektach bez nawożenia azotem. Różnica w poziomie plonowania uzyskanym z obiektu N₁₂₀ w porównaniu do N₀, wynosiła 1,6 (2007); 2,1 (2008); 1,6 (2009) i 1,8 t·ha⁻¹ (średnio z lat). Różnica w poziomie plonowania pomiędzy obiektem z zastosowaniem najwyższej dawki azotu, a 40 kg N·ha⁻¹, była znacznie niższa i wynosiła w kolejnych latach: 0,8; 1,1; 0,5 i 0,8 t·ha⁻¹. Natomiast różnica w poziomie plonowania na obiektach z zastosowaniem najwyższej dawki azotu, a 80 kg N·ha⁻¹ wahała się w granicach 0,2 (2009) do 0,6 t·ha⁻¹ (2008) (tab. 6, rys.10).

Dawka azotu wpływała istotnie na wysokość źdźbła. W latach 2007, 2009 i średnio z lat badań zastosowanie 40 kg N·ha⁻¹ w odniesieniu do obiektu kontrolnego powodowało istotny wzrost długości źdźbła. Wzrost ten wynosił od 2,7 do 6,1 cm. Dalszy wzrost azotu nie miał istotnego wpływu na tę cechę. W roku 2008 natomiast azot w ilości 80 kg N·ha⁻¹, powodował istotny wzrost długości źdźbła w odniesieniu do obiektu kontrolnego i dawki 40 kg N·ha⁻¹. Wynosił on w odniesieniu do obiektu kontrolnego 4,8 cm (tab.6).

W roku 2007 i średnio z lat dawka azotu nie wpłynęła w sposób istotny statystycznie na długość kłosa. Natomiast w roku 2008 zastosowanie nawożenia azotem w ilości 40 kg N·ha⁻¹ powodowało istotny wzrost tego parametru, a w 2009 najdłuższy kłos stwierdzono po zastosowaniu azotu w ilości 120 kg N·ha⁻¹ (tab.6).

Liczba kłosek w kłosie nie była różnicowana przez dawkę azotu w roku 2007. W latach 2008 i 2009 stwierdzono wzrost tego parametru wraz ze wzrostem nawożenia azotowego. Średnio z lat istotny wzrost liczby kłosek w kłosie stwierdzono pomiędzy obiektem kontrolnym, a obiektem z zastosowanym azotem w ilości 80 kg N·ha⁻¹.

W roku 2008 istotny wzrost masy kłosa stwierdzono stosując azot w ilości 120 kg N·ha⁻¹, natomiast w 2009 w ilości 80 kg N·ha⁻¹ w odniesieniu do obiektu

kontrolnego. W roku 2007 dawka azotu nie wpłynęła w sposób istotny statystycznie na liczbę ziaren z kłosa, wystąpiła jednak tendencja dodatniego wpływu azotu w ilości 80 kg N·ha⁻¹.

Liczba ziaren z kłosa zwiększała się wraz ze wzrostem dawki azotu. W latach 2008 i 2009 najwyższe wartości uzyskano stosując 120 kg N·ha⁻¹. Średnio z lat liczba ziaren z kłosa była istotnie wyższa przy zastosowaniu dawki 80 i 120 kg N·ha⁻¹ w porównaniu do obiektu bez nawożenia azotem.

Dawka azotu nie wpłynęła istotnie na masę ziaren z kłosa w latach 2007 i 2008. Jedynie w roku 2009 zastosowanie nawożenia 80 i 120 kg N·ha⁻¹ różnicowało dodatnio tę cechę w stosunku do dawki 0 i 40 kg N·ha⁻¹.

Liczba kłosów na jednostce powierzchni była kształtowana przez dawkę azotu w latach 2007 i 2008. Wraz ze wzrostem dawki azotu następował jej wzrost. W roku 2008 istotne zwiększenie liczby kłosów nastąpiło po zastosowaniu 80 kg N·ha⁻¹ w odniesieniu do obiektu kontrolnego, a średnio w latach po zastosowaniu 120 kg N·ha⁻¹. Średnio w latach badań liczba kłosów na jednostce powierzchni po zastosowaniu 120 kg N·ha⁻¹ w odniesieniu do obiektu kontrolnego była wyższa o 262 (2007), 85 (2008), 102 (2009) sztuk na m². W roku 2009 dawka azotu nie różnicowała liczby kłosów w sposób istotny, wystąpiła jedynie tendencja wzrostu liczby kłosów po zastosowaniu wyższych dawek (tab.6).

We wszystkich latach badań dawka azotu nie miała istotnego wpływu na masę tysiąca ziaren, wystąpiła jednak tendencja zmniejszenia tego parametru pod wpływem wzrostu zastosowanego nawożenia azotowego.

W latach 2007 i 2009 dawka azotu wywarła istotny wpływ na plon słomy z jednostki powierzchni. W obu latach stosowanie 120 kg N·ha⁻¹ istotnie zwiększyło plon słomy w porównaniu do obiektu kontrolnego. W roku 2008 ilość zastosowanego azotu nie miała istotnego wpływu na plon słomy, jednak wystąpiła tendencja wzrostu tego parametru do zastosowania 80 kg N·ha⁻¹.

Jedynie w roku 2009 zastosowanie 120 kg N·ha⁻¹ istotnie zwiększyło plon słomy z rośliny w porównaniu do obiektu kontrolnego.

Tabela 6. Plon i cechy struktury plonu pszenicy orkisz odmiany STH 4809 w zależności od nawożenia azotem.

Rok zbioru	Dawka azotu (kg·ha ⁻¹)	PZ (t·ha ⁻¹)	WŻ (cm)	DK (cm)	LKK	WK (g)	LZK	MZK (g)	LK	MTZ (g)	PS (t·ha ⁻¹)	HI (%)	MSR (g)
2007	0	5,0a	81,8a	8,6	12,6	1,18	23,0	0,82	654a	38,6	8,2a	37,9	1,41
	40	5,8b	87,7ab	8,9	13,6	1,41	26,0	0,99	737a	38,6	9,5ab	37,9	1,80
	80	6,3bc	90,5b	9,4	14,0	1,37	26,6	1,01	757ab	39,0	10,1ab	38,4	1,58
	120	6,6c	86,2ab	8,8	12,9	1,23	24,5	0,87	916b	38,0	11,3b	36,9	1,38
	NIR _{α=0,05}	0,5	6,8	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	163,7	r.n.	2,8	r.n.	r.n.
2008	0	5,7a	85,8a	9,4a	14,3a	1,71a	31,4a	1,30	525a	43,0	8,9	39,0	1,68
	40	6,7b	88,5b	9,8b	14,6ab	1,81ab	33,2b	1,41	611ab	42,8	9,8	40,6	1,61
	80	7,2bc	90,6c	10,0b	14,9bc	1,96ab	34,0b	1,79	660b	42,4	11,2	39,1	1,61
	120	7,8c	90,8c	9,9b	14,9c	2,06b	35,3c	1,50	610ab	39,1	10,4	42,9	1,68
	NIR _{α=0,05}	0,7	1,3	0,3	0,4	0,32	1,2	r.n.	119,8	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
2009	0	3,4a	79,6a	8,2a	11,7a	1,06a	22,3a	0,73a	428	33,4	5,0a	40,5	1,15a
	40	4,5b	89,2b	8,6b	12,6b	1,11ab	24,6b	0,77a	465	32,4	5,7ab	44,1	1,21b
	80	4,8bc	90,2b	8,5b	12,8b	1,15bc	26,6c	0,82b	466	31,3	5,7ab	45,7	1,21b
	120	5,0c	92,2c	8,9c	13,2c	1,18c	27,7c	0,84b	530	30,7	6,5b	43,5	1,24bc
	NIR _{α=0,05}	0,4	1,2	0,3	0,3	0,06	1,2	0,05	r.n.	r.n.	1,4	r.n.	0,05
2007-2009	0	4,7a	82,4a	8,7	12,9a	1,32	25,6a	0,95	536a	38,3	7,4a	39,3	1,42
	40	5,7b	88,5ab	9,1	13,6ab	1,44	27,9ab	1,06	604ab	37,9	8,3ab	41,0	1,54
	80	6,1c	90,4b	9,3	13,9b	1,49	29,1b	1,20	628ab	37,5	8,9ab	38,0	1,47
	120	6,5d	89,7b	9,2	13,7b	1,49	29,2b	1,07	685b	37,5	9,4b	41,1	1,44
	NIR _{α=0,05}	0,4	6,3	r.n.	0,8	r.n.	3,1	r.n.	146,8	r.n.	1,6	r.n.	r.n.

PZ – plon ziarna; WŻ - wysokość źdźbła; DK - długość kłosa; LKK - liczba kłosek w kłosie; WK - waga kłosa; LZK – liczba ziaren z kłosa; MZK – masa ziaren z kłosa; LK – liczba kłosów; MTZ – masa tysiąca ziaren; PS – plon słomy; HI – indeks żniwny; MSR – masa słomy z rośliny;

r.n. - różnica nieistotna statystycznie dla $\alpha=0,05$

5.1.3. Plon i cechy struktury plonu w zależności od gęstości siewu

W latach badań gęstość siewu nie wpłynęła w sposób istotny na plon ziarna pszenicy orkiszowej STH 4809. Wystąpiła tendencja wyższego plonowania przy zastosowaniu gęstości wysiewu 500 i 600 ziaren·m⁻² w odniesieniu do gęstości 400 ziaren·m⁻². Wzrost plonu był niewielki i wahał się od 0,1 do 0,3 t·ha⁻¹ (tab.7, rys.11).

Gęstość siewu nie miała istotnego wpływu na wagę kłosa, masę ziarna z kłosa, masę tysiąca ziaren, plon słomy i indeks żniwny. W każdym roku zaznaczyła się tendencja zmniejszenia wagi kłosa i masy ziarna z kłosa na obiektach z największą gęstością siewu w porównaniu do gęstości najmniejszej (tab. 7).

Wpływ gęstości siewu na wysokość źdźbła zaobserwowano w roku 2007. Istotnie wyższe rośliny stwierdzono na obiekcie, na którym zastosowano gęstość siewu w ilości 400 ziaren·m⁻² w porównaniu do 500 ziaren·m⁻². W latach 2008 i 2009 nie stwierdzono wpływu gęstości siewu na kształtowanie się tej cechy (tab.7).

Długość kłosa nie była kształtowana przez gęstość siewu w latach 2007 i 2008. Jedynie w roku 2009 zwiększenie gęstości siewu do 600 ziaren·m⁻² spowodowało zmniejszenie o 0,7 cm długości kłosa w odniesieniu do gęstości 400 i 500 ziaren·m⁻². Podobne zależności zaobserwowano dla średnich z lat (tab.7).

W roku 2007 gęstość siewu nie miała istotnego wpływu na liczbę kłosek w kłosie. W latach 2008 i 2009 stwierdzono statystycznie istotnie najmniejszą liczbę kłosek w kłosie w przypadku zastosowania największej gęstości siewu 600 ziaren·m⁻². Średnio z lat liczba kłosek z kłosa zmniejszała się istotnie wraz ze wzrostem gęstości siewu. W stosunku do liczby kłosek w kłosie wykształconych na obiekcie z najmniejszą ilością wysiewu, obniżka wynosiła odpowiednio w latach badań: 1,5 (2007); 1,4 (2008); 1,2 (2009) i 1,4 (średnio z lat) sztuk (tab.7).

Gęstość siewu nie wpłynęła na liczbę ziaren w kłosie w latach 2007 i 2009. Jedynie w roku 2008 i średnio dla lat stwierdzono najwyższą ich liczbę z obiektu gdzie zastosowano najniższą gęstość siewu (400 ziaren·m⁻²). Zmniejszenie liczby ziaren w kłosie na obiektach z największą gęstością siewu w odniesieniu do najmniejszej wyniosło odpowiednio: 3,5 (2007), 5,6 (2008), 3,7 (2009), 4,3 (średnio z lat) sztuk (tab.7).

Liczba kłosek na jednostce powierzchni istotnie zależała od gęstości siewu jedynie w roku 2007. Stwierdzono największą ich liczbę na obiekcie, na którym zastosowano gęstość siewu w ilości 600 ziaren·m⁻² w porównaniu do pozostałych

obiektów pomiędzy, którymi nie było istotnych różnic. W latach 2008 i 2009 gęstość siewu nie miała wpływu na kształtowanie się tej cechy, jednak wystąpiła tendencja wzrostu liczby kłosów wraz ze wzrostem ilości wysiewu. Zwiększenie liczby kłosów na obiektach z gęstością siewu 600 ziaren·m⁻² w odniesieniu do najmniejszej gęstości wynosiło 158 szt. (2007), 81 szt. (2008), 50 szt. (2009) i 91 szt. (średnio z lat), natomiast w odniesieniu do gęstości 500 ziaren·m⁻² 128 (2007), 63 (2008), 46 (2009) i 39 (średnio z lat) sztuk (tab.7).

Jedynie w roku 2007 gęstość siewu miała istotny wpływ na kształtowanie się plonu słomy z rośliny. Największą masę słomy z rośliny stwierdzono na obiekcie, na którym zastosowano najniższą gęstość siewu (400 ziaren·m⁻²).

Stwierdzono zróżnicowanie wielkości poziomu plonowania i kształtowania się cech struktury plonu w zależności od lat badań (tab. 7). Niezależnie od stosowanych czynników doświadczenia najwyższy plon osiągnęła pszenica orkiszowa w 2008 roku. W stosunku do roku 2007 plon był wyższy o 1,0 t·ha⁻¹, a w odniesieniu do roku 2009 o 2,5 t·ha⁻¹. O większym plonie w roku 2008 zdecydowały: długość kłosa liczba kłosków w kłosie, waga kłosa, liczba ziaren z kłosa, masa ziaren z kłosa oraz masa tysiąca ziaren. Wymienione cechy struktury plonu były istotnie wyższe w porównaniu do roku 2007 i 2009. Największą liczbę kłosów z jednostki powierzchni wykształciła pszenica w 2007 roku (766 szt.), a najniższą w 2009 (472 szt.). Większy plon słomy i masę słomy z rośliny stwierdzono w latach 2007 i 2008 w porównaniu do 2009 roku. W roku 2007 plon słomy był wyższy o 4,1 t·ha⁻¹, a w 2008 roku o 4,6 t·ha⁻¹ w stosunku do roku 2009. Rok badań nie miał istotnego statystycznie wpływu na wysokość źdźbła oraz indeks zniwny (tab.7).

Zależności korelacyjne pomiędzy czynnikami doświadczenia, plonem i cechami struktury plonu pszenicy orkiszowej STH 4809 w latach 2007-2009 przedstawiono w tabeli 9.

Zamieszczone w tabeli współczynniki korelacji liniowej, chociaż osiągają poziom istotny mają często względnie niskie wartości. Wynika to z modyfikującego wpływu warunków meteorologicznych w latach na kształtowanie się poszczególnych cech i powtarzalność ich wzajemnych powiązań.

Wartości współczynników korelacji wskazują na bardzo wysoki związek plonu ziarna z wagą kłosa i masą ziarna z kłosa oraz wysoki z dawką azotu, długością kłosa, liczbą kłosków w kłosie, liczbą ziaren w kłosie i liczbą kłosów na jednostce powierzchni.

Tabela 7. Plon i cechy struktury plonu pszenicy orkisz odmiany STH 4809 w zależności od gęstości siewu.

Rok zbioru	Gęstość siewu (ziaren·m ⁻²)	Cechy											
		PZ (t·ha ⁻¹)	WŻ (cm)	DK (cm)	LKK	WK (g)	LZK	MZK (g)	LK	MTZ (g)	PS (t·ha ⁻¹)	HI (%)	MSR (g)
2007	400	5,8	90,1b	9,2	14,0	1,34	26,4	0,96	703a	38,7	9,4	38,2	1,96b
	500	6,0	82,7a	9,0	13,3	1,40	25,8	0,96	734a	39,0	9,4	39,0	1,43a
	600	6,0	86,9ab	8,5	12,5	1,15	22,9	0,87	862b	37,9	10,6	36,1	1,25a
	NIR _{α=0,05}	r.n.	5,2	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	126,1	r.n.	r.n.	r.n.
2008	400	6,8	89,6	10,2	15,5b	2,08	36,7b	1,71	553	43,2	10,3	39,8	1,86
	500	7,1	90,9	9,6	14,4ab	1,79	32,7ab	1,40	616	43,5	9,8	42,0	1,43
	600	6,7	86,2	9,4	14,1a	1,78	31,1a	1,38	634	38,8	10,1	37,3	1,64
	NIR _{α=0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	1,2	r.n.	4,8	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
2009	400	4,4	89,1	8,8b	13,1b	1,21	27,0	0,87	454	30,1	5,8	43,1	1,27
	500	4,3	88,4	8,8b	12,8b	1,14	25,6	0,80	459	31,5	5,6	43,4	1,22
	600	4,5	85,8	8,1a	11,9	1,01	23,3	0,71	504	31,2	5,5	45,0	1,11
	NIR _{α=0,05}	r.n.	r.n.	0,5	0,9	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
2007-2009	400	5,6	89,6	9,4b	14,2c	1,55	30,1b	1,18	570	38,3	8,5	37,6	1,70
	500	5,8	87,3	9,1ab	13,5b	1,45	28,0ab	1,05	609	38,0	8,3	41,6	1,36
	600	5,8	86,3	8,7a	12,8a	1,32	25,8a	0,99	661	37,1	8,7	40,4	1,33
	NIR _{α=0,05}	r.n.	r.n.	0,5	0,6	r.n.	2,6	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

PZ – plon ziarna; WŻ - wysokość źdźbła; DK - długość kłosa; LKK - liczba kłosków w kłosie; WK - waga kłosa; LZK – liczba ziaren z kłosa; MZK – masa ziaren z kłosa; LK – liczba kłosów; MTZ – masa tysiąca ziaren; PS – plon słomy; HI – indeks żniwny; MSR – masa słomy z rośliny;

r.n. - różnica nieistotna statystycznie dla $\alpha=0,05$

Tabela 8. Średnie wartości plonu i cech struktury plonu pszenicy ozimej orkisz odmiany STH 4809 w zależności od roku.

Rok zbioru	Cechy											
	PZ (t·ha ⁻¹)	WŻ (cm)	DK (cm)	LKK	WK (g)	LZK	MZK (g)	LK	MTZ (g)	PS (t·ha ⁻¹)	HI (%)	MSR (g)
2007	5,9b	86,6	8,9a	13,3b	1,30a	25,0a	0,93a	766c	38,6b	9,8b	37,8	1,55b
2008	6,9c	88,9	9,8b	14,7c	1,88c	33,5b	1,50b	601b	42,9c	10,1b	38,0	1,65b
2009	4,4a	87,8	8,6a	12,6a	1,12b	25,3a	0,79a	472a	31,9a	5,7a	43,7	1,20
NIR _{α=0,05}	0,2	r.n.	0,4	0,6	0,14	2,0	0,16	63,4	1,6	1,3	r.n.	0,20

PZ – plon ziarna; WŻ - wysokość źdźbła; DK - długość kłosa; LKK - liczba kłosek w kłosie; WK - waga kłosa; LZK – liczba ziaren z kłosa; MZK – masa ziaren z kłosa; LK – liczba kłosów; MTZ – masa tysiąca ziaren; PS – plon słomy; HI – indeks żniwny; MSR – masa słomy z rośliny;

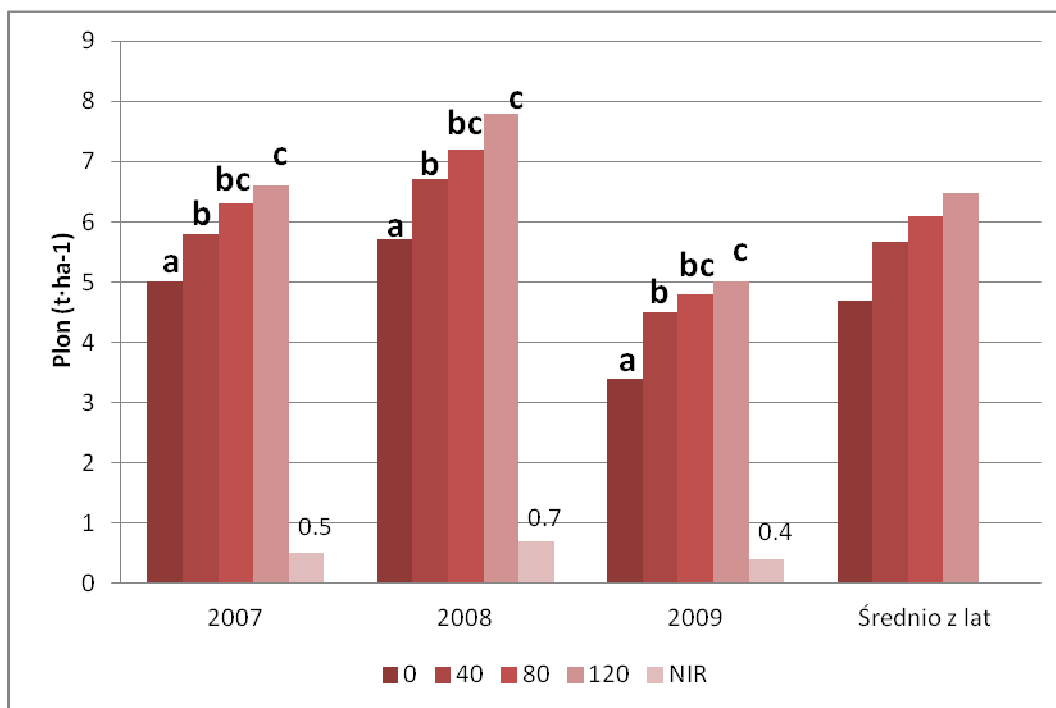
r.n. - różnica nieistotna statystycznie dla $\alpha=0,05$

Tabela 9. Współczynniki korelacji pomiędzy czynnikami doświadczenia, plonem i cechami struktury plonu pszenicy ozimej orkisz STH 4809 (2007-2009).

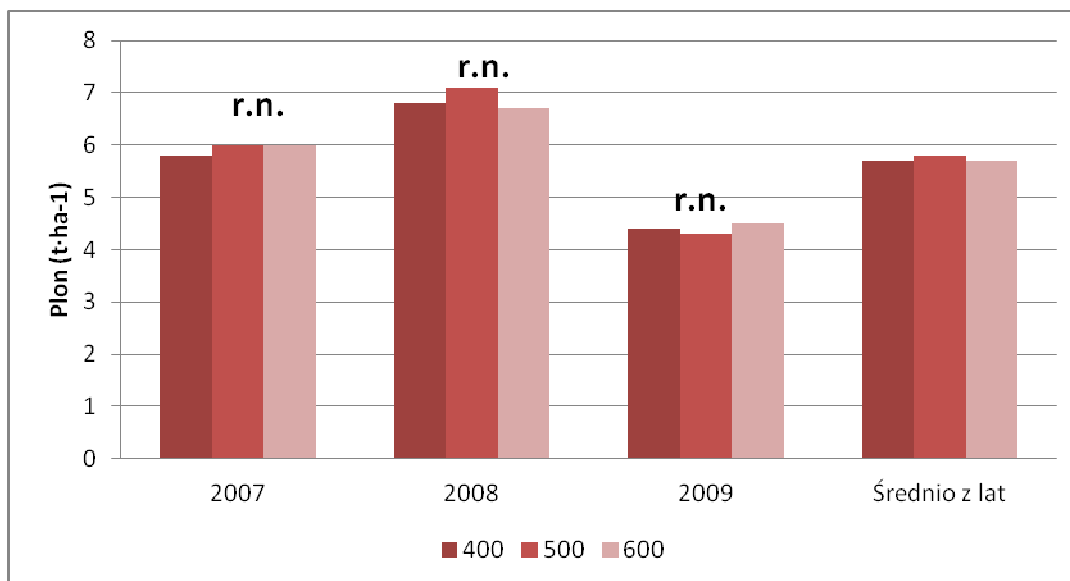
Cecha	GS	DA	WŻ	DK	LKK	WK	LZK	MZK	LK	MTZ	PZ	PS	HI	MSR
GS														
DA	0,000													
WŻ	-0,285	0,576*												
DK	-0,429*	0,268	0,516*											
LKK	-0,464*	0,246	0,534*	0,970*										
WK	-0,253	0,174	0,335*	0,884*	0,881*									
LKZ	-0,362*	0,280	0,502*	0,934*	0,929*	0,920*								
MZK	-0,223	0,153	0,367*	0,864*	0,838*	0,946*	0,891*							
LK	0,245	0,351*	0,097	0,065	0,067	0,085	-0,083	0,111						
MTZ	-0,111	-0,068	0,067	0,698*	0,692*	0,823*	0,642*	0,771*	0,390*					
PZ	0,038	0,519*	0,384*	0,681*	0,680*	0,748*	0,662*	0,704*	0,567*	0,757*				
PS	-0,206	0,079	0,233	0,305	0,275	0,410*	0,313	0,572*	0,081	0,207	0,177			
HI	0,149	0,035	-0,121	-0,278	-0,237	-0,366*	-0,197	-0,507*	-0,366*	-0,356*	-0,206	-0,880*		
MSR	-0,452*	-0,006	0,254	0,623*	0,676*	0,612*	0,526*	0,552*	0,102	0,573*	0,438*	0,323	-0,423*	
GZ	0,110	0,218	0,251	0,643*	0,612*	0,799*	0,764*	0,791*	0,078	0,696*	0,714*	0,249	-0,168	0,274

GS – gęstość siewu; DA – dawka azotu; WŻ - wysokość źdźbła; DK - długość kłosa; LKK - liczba kłosków w kłosie; WK - waga kłosa; LZK – liczba ziaren z kłosa; MZK – masa ziaren z kłosa; LK – liczba kłosów; MTZ – masa tysiąca ziaren; PZ – plon ziarna; PS – plon słomy; HI – indeks późniwny; MSR – masa słomy z rośliny;

* - różnica istotna statystycznie dla $\alpha=0,05$



Rysunek 10. Plon pszenicy orkisz STH 4809 w zależności od nawożenia azotem.



Rysunek 11. Plon pszenicy orkisz STH 4809 w zależności od gęstości siewu.

5.1.4. Wartość technologiczna ziarna i mąki

5.1.4.1. Wpływ dawki azotu na wartość technologiczną

Dawka azotu wpływała istotnie na parametry wartości przemiałowej i wypiekowej (tab.10).

Gęstość ziarna w stanie zsypanym była kształtowana przez nawożenie azotowe jedynie w 2007 roku. Zastosowanie 80 i 120 kg N·ha⁻¹ przyczyniło się do zwiększenia wagi hektolitra w porównaniu do obiektu kontrolnego.

Stwierdzono różnice w ilości białka w zależności od dawki azotu w latach. W roku 2007 ilość azotu nie wpływała na zawartość białka w ziarnie pszenicy. Natomiast w roku 2008 i 2009 zastosowanie nawożenia w ilości 120 kg N·ha⁻¹ wpłynęło dodatnio na zwiększenie tego parametru. Istotne różnice wystąpiły pomiędzy obiektami z największą dawką N, a obiektem bez nawożenia i dawką 40 kg N·ha⁻¹. W poszczególnych latach badań stwierdzono zróżnicowaną reakcję pszenicy w kształtowaniu zawartości białka w ziarnie pod wpływem zastosowanej ilości azotu. W stosunku do obiektu kontrolnego wynosiła ona w roku 2007 na poziomach N₄₀, N₈₀ i N₁₂₀ odpowiednio: 0,7 p.p., 1,0 p.p., 1,0 p.p., w roku 2008 - 0 p.p., 1,5 p.p., 2,1 p.p., a w roku 2009: 0,9 p.p., 0,5 p.p., 1,6 p.p.

Wydajność glutenu była również istotnie modyfikowana przez dawkę azotu. W roku 2007 wraz ze wzrostem dawki azotu zwiększała się jego wydajność. W ziarnie pszenicy pochodzącym z obiektów na których zastosowano 80 i 120 kg N·ha⁻¹ ilość glutenu wynosiła 28,2 i 30,9%, a na obiekcie kontrolnym 21,9 %. Wzrost wydajności glutenu wynosił 6,3 p.p. i 9 p.p. Stosując największą dawkę azotu ilość glutenu wynosiła w roku 2008 – 27,2%, natomiast w roku 2009 - 28,0% i zwiększyła się w odniesieniu do N₀, N₄₀ i N₈₀ w 2008 o 6,1 p.p., 7,2 p.p. i 2,2 p.p., a w roku 2009 o 5,9 p.p., 6,0 p.p. i 4,7 p.p. (tab.10).

Indeks glutenu zmniejszał się wraz ze wzrostem dawki azotu. W latach 2007 i 2008 najwyższy indeks glutenu stwierdzono w ziarnie pszenicy pochodzącej z obiektu bez nawożenia azotem (53,7 i 60,2). W 2009 roku istotnie niższym indeksem charakteryzował się gluten z ziarna pszenicy nawożonej najwyższą dawką azotu, natomiast nie wystąpiły różnice udowodnione statystycznie pomiędzy pozostałymi dawkami azotu (tab.10).

W latach badań wyższymi wartościami wskaźnika sedymentacyjnego SDS charakteryzowało się ziarno pochodzące z obiektów na których zastosowano 80 i 120

kg N·ha⁻¹. W latach 2007, 2008 i 2009 uzyskano wzrost wskaźnika sedymentacyjnego SDS na obiektach z najwyższą dawką azotu w odniesieniu do obiektu kontrolnego odpowiednio o 5,4, 5,6 i 2,4 cm³.

Dawka azotu nie wpływała istotnie na liczbę opadania (tab.10).

Tabela 10. Parametry wartości technologicznej pszenicy orkisz STH 4809 w zależności od nawożenia azotem w latach 2007-2009.

Cecha	Rok	Dawka azotu (kg N·ha ⁻¹)				NIR
		0	40	80	120	
Zawartość białka (%)	2007	9,9	10,6	10,9	10,9	r.n.
	2008	10,2a	10,2a	11,7b	12,3c	0,520
	2009	10,6a	10,5a	11,1ab	12,2b	0,864
	Średnia	10,2	10,4	11,2	11,8	
Gluten mokry (%)	2007	21,9a	24,7b	28,2b	30,9c	1,456
	2008	21,1a	20,0a	25,0b	27,2c	1,982
	2009	22,1a	22,0a	23,3a	28,0b	2,641
	Średnia	21,7	22,2	25,5	28,7	
Indeks glutenu	2007	53,7c	44,0b	40,5a	36,2a	3,128
	2008	60,2c	52,8b	43,3a	39,9a	3,781
	2009	44,7b	47,3c	47,6c	26,0a	5,620
	Średnia	52,9	48,0	43,8	34,0	
Liczba opadania (s)	2007	225	248	258	270	r.n.
	2008	324	328	325	337	r.n.
	2009	320	323	311	318	r.n.
	Średnia	290	300	298	308	
Wskaźnik sedymentacyjny SDS (cm ³)	2007	58,3a	60,6a	62,4b	63,7b	r.n.
	2008	57,3a	56,7a	61,4b	62,9b	r.n.
	2009	54,5a	52,8a	53,4ab	56,9b	r.n.
	Średnia	56,7	56,7	59,1	61,2	
Gęstość ziarna w stanie zsypanym (kg·hl ⁻¹)	2007	72,8a	73,9ab	74,9bc	76,2c	2,00
	2008	79,4	79,7	80,5	80,2	r.n.
	2009	74,5	74,1	75,0	74,8	r.n.
	Średnia	75,6	75,9	76,8	77,1	

5.1.4.2. Wpływ gęstości siewu na wartość technologiczną

Cechy wartości technologicznej ziarna podlegały względnie niewielkim zmianom pod wpływem gęstości siewu. Przedstawione w tabeli 11 wyniki badań wskazują brak istotnej zależności ilości glutenu mokrego, indeksu glutenu, wskaźnika sedymentacyjnego SDS, liczby opadania i gęstości ziarna w stanie zsypanym od gęstości wysiewu. Jedynie w roku 2007 gęstość siewu miała istotny wpływ na zawartość białka w ziarnie pszenicy orkisz STH 4809. Największą zawartość białka stwierdzono w

ziarnie pszenicy pochodzącej z obiektów gdzie zastosowano 400 i 500 ziaren·m⁻² w porównaniu do gęstości wysiewu 600 ziaren·m⁻² (tab.11).

Tabela 11. Wybrane parametry wartości technologicznej pszenicy orkisz STH 4809 w zależności od gęstości siewu w latach 2007-2009.

Cecha	Rok	Gęstość siewu (ziaren·m ²)			NIR
		400	500	600	
Zawartość białka (%)	2007	10,9b	11,3b	9,5a	0,479
	2008	10,9	10,6	11,8	r.n.
	2009	11,4	10,9	11,0	r.n.
	Średnia	11,1	10,9	10,8	
Gluten mokry (%)	2007	26,5	27,2	25,5	r.n.
	2008	23,0	22,0	25,1	r.n.
	2009	24,0	23,5	24,0	r.n.
	Średnia	24,5	24,2	24,9	
Indeks glutenu	2007	43,8	41,6	45,3	r.n.
	2008	51,4	52,4	43,3	r.n.
	2009	47,9	37,2	39,1	r.n.
	Średnia	47,7	43,73	42,57	
Liczba opadania (s)	2007	253	246	252	r.n.
	2008	326	333	327	r.n.
	2009	338	310	305	r.n.
	Średnia	305,7	296,3	294,7	
Wskaźnik sedymentacyjny SDS (cm ³)	2007	59,3	61,8	62,7	r.n.
	2008	59,8	59,0	59,9	r.n.
	2009	57,4	53,0	52,7	r.n.
	Średnia	58,8	57,9	58,4	
Gęstość ziarna w stanie zsypanym (kg·hl ⁻¹)	2007	74,00	74,4	74,2	r.n.
	2008	79,7	80,1	80,8	r.n.
	2009	74,3	74,3	75,2	r.n.
	Średnia	76,0	76,3	76,7	

5.1.4.3. Cechy reologiczne ciasta

Wpływ dawki azotu na zachowanie się ciasta podczas miesienia przedstawiono za pomocą właściwości reologicznych ciasta takich jak: wodochłonność mąki, czas rozwoju ciasta, czas stałości ciasta, stopień rozmiękczenia ciasta i liczbę jakości (tab. 12, rys. 12, 13).

W roku 2007 dawka azotu wpłynęła istotnie na wodochłonność mąki. Najwyższą wodochłonnością charakteryzowała się mąka pszenicy pochodzącej z obiektu, na którym zastosowano nawożenie w wysokości $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. W latach 2008 i 2009 dawka azotu nie miała istotnego wpływu na kształtowanie się tego parametru.

Dawka azotu nie miała istotnego wpływu na czas rozwoju ciasta, stopień rozmiękczenia oraz liczbę jakości. Jedynie w roku 2007 stwierdzono jej wpływ na stałość ciasta. Najkorzystniejszymi parametrami charakteryzowała się mąka pszenicy pochodzącej z obiektu, na którym zastosowano azot w ilości $80 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ w porównaniu do mąki pochodzącej z ziarna z obiektów, na których zastosowano azot w ilości 40 i $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ i do obiektu kontrolnego.

Tabela 12. Właściwości reologiczne ciasta pszenicy orkisz STH 4809 w zależności od dawki azotu (2007-2009).

Cecha	Rok	Dawka azotu (kg·ha ⁻¹)				Średnio z lat	NIR _{α=0,05}
		0	40	80	120		
Wodochłonność (%)	2007	58,7ab	58,3a	60ab	61b	59,5	2,3
	2008	56,8	57,3	58,6	59,3	58,0	r.n.
	2009	55,9	55,1	56	55,3	55,6	r.n.
	Średnia	57,1	56,9	58,2	58,5		
Czas rozwoju ciasta (min.)	2007	1,5	2,3	2,4	2,8	2,3	r.n.
	2008	2,4	1,8	2,7	3,3	2,6	r.n.
	2009	1,7	1,6	2	2,8	2,0	r.n.
	Średnia	1,9	1,9	2,4	3,0		
Stałość ciasta (min.)	2007	2,3a	4,4ab	5,0c	4,4ab	4,0	2,7
	2008	3	3,6	4,8	5	4,1	r.n.
	2009	2,7	2,3	3,5	4,7	3,3	r.n.
	Średnia	2,7	3,4	4,4	4,7		
Stopień rozmięczenia (FU)	2007	116,7	98	100	113	106,9	r.n.
	2008	121,3	112,7	102,3	96	108,1	r.n.
	2009	124,7	117,7	118,3	92,3	113,3	r.n.
	Średnia	120,9	109,5	106,9	100,4		
Liczba jakości (FU)	2007	30	52	59,3	55,3	49,2	r.n.
	2008	39,7	40,3	58	61,3	49,8	r.n.
	2009	36	27,3	43	53,3	39,9	r.n.
	Średnia	35,2	39,9	53,4	56,6		

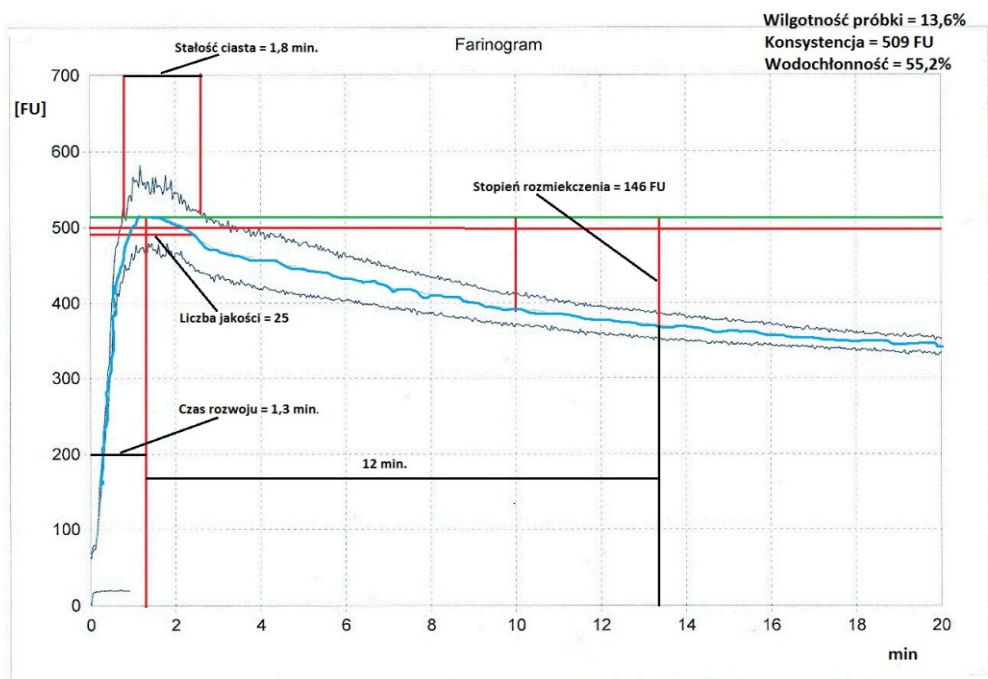
Gęstość siewu nie miała istotnego wpływu na kształtowanie się właściwości reologicznych ciasta takich jak: wodochłonność, czas rozwoju ciasta, stałość ciasta, stopień rozmiękczenia oraz liczbę jakości (tab.13).

Stwierdzono wpływ lat badań na wielkość określanych parametrów. W roku 2007 wodochłonność mąki wynosiła 59,5 %, w 2008 – 58,0 %, a w 2009 - 55,6 %. W roku 2007 czas rozwoju ciasta wynosił 2,3 min., w 2008 – 2,6 min., a w 2009 – 2,0 min. Stałość ciasta w latach 2007 i 2008 utrzymywała się na jednym poziomie i wynosiła 4,1 min., a w 2009 roku była niższa i wynosiła 3,3 min. W roku 2009 stwierdzono również największe rozmiękczenie ciasta oraz najniższą liczbę jakości wynoszącą 40 FU w porównaniu do pozostałych lat (tab. 12-13).

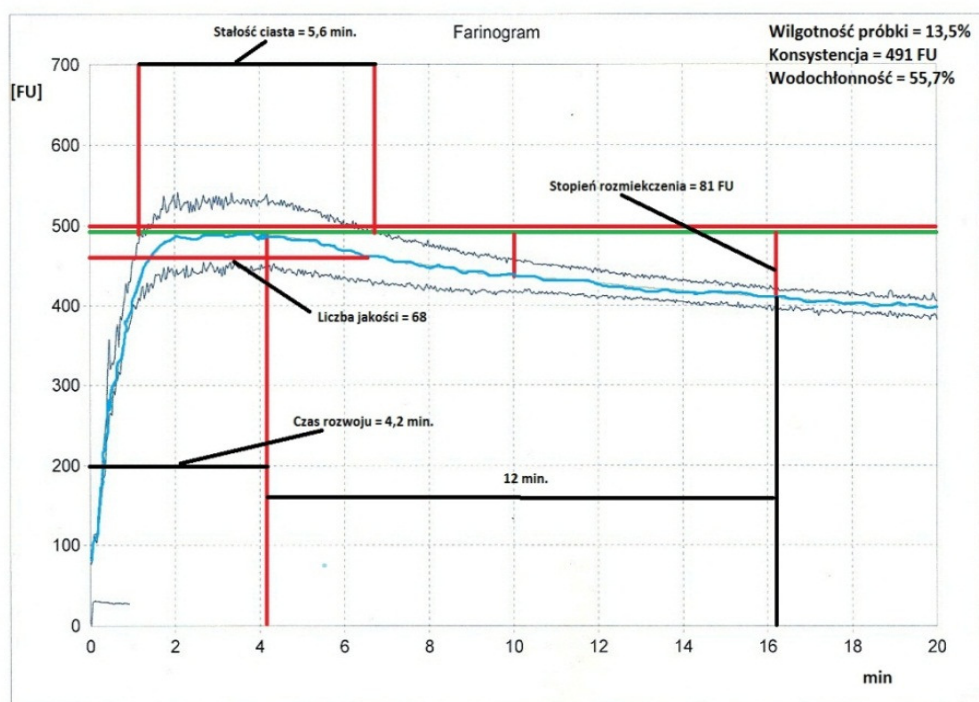
Rysunki 12 i 13 przedstawiają wybrane farinogramy przedstawiające wodochłonność mąki oraz parametry reologiczne ciasta pszenicy orkiszowej STH 4809 z roku 2009. Mąka pszenicy STH 4809 pochodzącej z obiektu bez nawożenia azotem i ilością wysiewu $500 \text{ ziaren} \cdot \text{m}^{-2}$ charakteryzowała się podobną wodochłonnością mąki, mniejszą liczbą jakości, krótszą stałością ciasta i czasem rozwoju oraz dłuższym stopniem rozmiękczenia w porównaniu do mąki pochodzącej z obiektu gdzie zastosowano nawożenie azotem w ilości $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i gęstość siewu $500 \text{ ziaren} \cdot \text{m}^{-2}$. Zastosowanie nawożenia azotowego spowodowało polepszenie właściwości reologicznych ciasta.

Tabela 13. Właściwości reologiczne ciasta pszenicy orkisz STH 4809 w zależności od gęstości siewu (2007-2009).

Cecha	Rok	Gęstość siewu (ziaren·m ⁻²)			Średnio z lat	NIR _{α=0,05}
		400	500	600		
Wodochłonność (%)	2007	60,5	59	59	59,5	r.n.
	2008	58,1	57,3	58,7	58,0	r.n.
	2009	55,9	55,2	55,6	55,6	r.n.
	Średnia	58,2	57,2	57,8		
Czas rozwoju ciasta (min.)	2007	2,5	2,2	2,1	2,3	r.n.
	2008	2,4	2,2	3,1	2,6	r.n.
	2009	2,0	2,1	2	2,0	r.n.
	Średnia	2,3	2,2	2,4		
Stałość ciasta (min.)	2007	4,2	4,1	4	4,1	r.n.
	2008	4	3,8	4,5	4,1	r.n.
	2009	3,8	3	3,1	3,3	r.n.
	Średnia	4,0	3,6	3,9		
Stopień rozmiękczenia (FU)	2007	113	107	100,8	106,9	r.n.
	2008	114	109,8	100,5	108,1	r.n.
	2009	110,3	121,5	108	113,3	r.n.
	Średnia	112,4	112,8	103,1		
Liczba jakości (FU)	2007	48,8	49,3	49,5	49,2	r.n.
	2008	47,8	47	54,8	49,9	r.n.
	2009	46,8	36,3	36,8	40,0	r.n.
	Średnia	47,8	44,2	47,0		



Rysunek 12. Farinogram – pszenica orkisz STH 4809 – obiekt kontrolny, gęstość siewu 500 ziaren·m⁻².



Rysunek 13. Farinogram - pszenica orkisz STH 4809 – nawożenie 120 kg N·ha⁻¹, gęstość siewu 500 ziaren·m⁻².

5.1.4.4. Zależności korelacyjne

Wyliczone współczynniki korelacji wskazują na bardzo silną korelację ilości glutenu mokrego z dawką azotu oraz na wysoką dodatnią zależność zawartości białka i czasu rozwoju ciasta, stałości ciasta oraz ujemną zależność indeksu glutenu od dawki azotu.

Nie wystąpiła istotna korelacja cech jakościowych z gęstością siewu (tab.14).

Tabela 14. Współczynniki korelacji między badanymi czynnikami, plonem a wartością technologiczną pszenicy orkisz STH 4809 (2007-2010).

	GS	DA	PZ	MTZ	GZS	GM	IG	LO	WS	B	W	CZR	SC	SR
GS														
DA	0,000													
PZ	0,038	0,519*												
MTZ	-0,111	-0,068	0,757*											
GZS	0,110	0,218	0,714*	0,696*										
GM	0,040	0,714*	0,331*	0,003	0,027									
IG	-0,189	-0,610*	-0,077	0,287	0,051	-0,797*								
LO	-0,123	0,164	0,082	0,035	0,586*	-0,181	0,039							
WS	-0,037	0,405*	0,657*	0,552*	0,303	0,652*	-0,327	-0,227						
B	-0,136	0,576*	0,222	-0,012	0,228	0,656*	-0,607*	0,274	0,299					
W	-0,080	0,304	0,615*	0,579*	0,203	0,597*	-0,204	-0,424*	0,790*	0,185				
CZR	0,047	0,530*	0,439*	0,253	0,400*	0,698*	-0,598*	0,156	0,489*	0,645*	0,442*			
SC	-0,046	0,601*	0,516*	0,244	0,344*	0,729*	-0,654*	0,065	0,659*	0,582*	0,504*	0,792*		
SR	-0,222	-0,417*	-0,340*	-0,096	-0,192	-0,559*	0,616*	0,040	-0,521*	-0,459*	-0,282	-0,625*	-0,814*	
LJ	-0,020	0,569*	0,505*	0,272	0,346*	0,710*	-0,594*	0,067	0,670*	0,551*	0,522*	0,846*	0,973*	-0,782*

GS – gęstość siewu, DA - dawka azotu, PZ - plon ziarna, MTZ – masa tysiąca ziaren, GSZ – gęstość ziarna w stanie zsypanym, GM – wydajność glutenu mokrego, IG – indeks glutenu, LO - liczba opadania, WS – wskaźnik sedymentacyjny SDS, B – zawartość białka, W – wodochłonność, CZR – czas rozwoju, SC – stałość ciasta, SR – stopień rozmiękczenia ciasta, LJ – liczba jakości

* - różnica istotna statystycznie dla $\alpha=0,05$

5.1.5. Zawartość mikotoksyn fuzaryjnych

5.1.5.1. Zawartość mikotoksyn w zależności od dawki azotu

Zawartość mikotoksyn fuzaryjnych w ziarnie pszenicy orkiszowej STH 4809 w zależności od nawożenia azotem przedstawiono w tabeli 15. Jedynie w roku 2009 w ziarnie pszenicy stwierdzono obecność deoksyniwalenolu (DON). Wyniki badań wskazują, że ich zawartość w ziarnie nie przekroczyła najwyższego dopuszczalnego poziomu i mieściła się poniżej granicy wykrywalności. Nie stwierdzono istotnego wpływu dawki azotu na występowanie DON, jednak należy zauważyć, że na obiekcie N₈₀, ilość DON była pięciokrotnie wyższa w porównaniu do obiektu kontrolnego i N₁₂₀, natomiast 2,5 krotnie wyższa w odniesieniu do obiektu z N₄₀ (tab.15).

Nie wykryto obecności T-2/HT-2 toksyny w ziarnie pszenicy w obu latach badań (tab.15).

Obecność zearalenonu wykryto w latach 2008 i 2009. W roku 2008 ilość nie przekroczyła najwyższego dopuszczalnego poziomu i mieściła się poniżej granicy wykrywalności. W roku 2009 w próbach ziarna pochodzących z obiektu bez nawożenia azotem i z obiektu z najwyższą dawką azotu zawartość zearalenonu nie przekroczyła najwyższego dopuszczalnego poziomu. Natomiast w próbach ziarna pochodzących z obiektów gdzie zastosowano dawkę 40 i 80 kg N·ha⁻¹ zawartość ZEA przekroczyła najwyższy dopuszczalny poziom (100 µg·kg⁻¹) i wyniosła odpowiednio 208,4 i 197,8 µg·kg⁻¹(tab.15).

5.1.5.2. Zawartość mikotoksyn w zależności od gęstości siewu

W roku 2008 nie stwierdzono obecności deoksyniwalenolu w ziarnie pszenicy. Natomiast w roku 2009 najwyższą zawartość DON-u zaobserwowano w ziarnie pochodzącym z obiektu, na którym zastosowano gęstość siewu 500 ziaren·m⁻². Zawartości deoksyniwalenolu nie przekroczyły najwyższego dopuszczalnego poziomu (tab.16).

W latach 2008 i 2009 nie stwierdzono obecności T-2/HT-2 toksyny (tab.16).

Lata różnicowały poziom zearalenonu w ziarniakach badanych odmian pszenicy. W 2008 roku wykryte ilości ZEA nie mieściły się w granicy wykrywalności, natomiast w roku 2009 najwyższą zawartość zearalenonu stwierdzono w próbach pochodzących z obiektów gdzie stosowano gęstość siewu w ilości 400 i 500 ziaren·m⁻² (odpowiednio

227,4 i 134,4 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) w tym roku zawartość ZEA przekroczyła najwyższy dopuszczalny poziom.

Tabela 15. Toksyny *Fusarium* w pszenicy orkisz STH 4809 w zależności od nawożenia azotem (2008-2009).

Mikotoksyna /najwyższy dopuszczalny poziom	Rok	Dawka azotu ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)				NIR $\alpha=0,05$	Granica wykrywalności ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ lub ppb)
		0	40	80	120		
DON 1750 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	2008	0	0	0	0	-	250-2000
	2009	33	67	167	33	r.n.	
T-2/HT-2 -	2008	0	0	0	0	-	25-250
	2009	0	0	0	0	-	
ZEA 100 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	2008	0,9	0,7	0,3	0,3	r.n.	25-250
	2009	70,4	208,4	197,8	83,3	r.n.	

Źródło najwyższych dopuszczalnych poziomów dla pszenicy: Rozporządzenie Komisji (WE) nr 466/2001

Tabela 16. Toksyny *Fusarium* w pszenicy orkisz STH 4809 w zależności od nawożenia azotem (2008-2009).

Mikotoksyna /najwyższy dopuszczalny poziom	Rok	Gęstość siewu (ziaren $\cdot\text{m}^{-2}$)			NIR $\alpha=0,05$	Granica wykrywalności ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ lub ppb)
		400	500	600		
DON 1750 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	2008	0	0	0	-	250-2000
	2009	75	100	50	r.n.	
T-2/HT-2 -	2008	0	0	0	-	25-250
	2009	0	0	0	-	
ZEA 100 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	2008	0,7	1,0	0	r.n.	25-250
	2009	227,4	134,4	58,1	r.n.	

Źródło najwyższych dopuszczalnych poziomów dla pszenicy: Rozporządzenie Komisji (WE) nr 466/2001

5.2. Wpływ terminu i gęstości siewu oraz odmiany na poziom plonowania, cechy struktury plonu, wartość technologiczną i zawartość mikotoksyn w ziarnie pszenicy orkiszowej i zwyczajnej (doświadczenie mikropoletkowe)

5.2.1. Długość okresu wegetacji oraz poszczególnych faz wzrostu i rozwoju

U badanych odmian opóźnienie terminu siewu powodowało w każdym roku badań skrócenie okresu wegetacji (tab. 17, 18, 19). Najmniejsza różnica w długości okresu wegetacji między wysiewem pszenicy w terminie optymalnym i opóźnionym wystąpiła w sezonie 2007/2008. W przypadku odmiany STH 8 wynosiła 1 dzień, u odmiany STH 4809 – 6 dni, a u pszenicy zwyczajnej Sukces 3 dni. Większą różnicą charakteryzował się sezon 2009/2010. W przypadku pszenicy orkiszowej STH 8 i STH 4809 różnica wynosiła 13 dni, a u odmiany Sukces 12 dni.

Termin siewu różnicował przebieg faz rozwojowych. Okresy od fazy wschodów do fazy krzewienia ulegały wydłużeniu, a od fazy krzewienia do fazy strzelania w źdźbło skróceniu (tab. 17, 18, 19).

Tabela 17. Daty występowania oraz długość poszczególnych podokresów wegetacji u pszenicy STH 8

Podokresy wegetacji	Sezon 2007/2008				Sezon 2008/2009				Sezon 2009/2010			
	T ₁		T ₂		T ₁		T ₂		T ₁		T ₂	
	data	liczba dni	data	liczba dni	data	liczba dni	data	liczba dni	data	liczba dni	data	Liczba dni
siew - wschody	01.10-13.10	12	12.10-28.10	16	16.09-27.09	11	30.09-13.10	13	18.09-28.09	10	01.10-13.10	12
wschody - krzewienie	13.10-18.11	36	28.10-05.03	129	27.09-11.10	14	13.10-09.11	27	28.09-12.10	14	13.10-14.11	32
krzewienie – strzelanie w źdźbło	18.11-30.04	164	05.03-08.05	64	11.10-30.04	201	09.11-05.05	177	12.10-29.04	199	14.11-11.04	148
strzelanie w źdźbło - kłoszenie	30.04-03.06	34	08.05-06.06	29	30.04-23.05	23	05.05-29.05	24	29.04-31.05	32	11.04-02.06	52
kłoszenie – dojrzałość mleczna	03.06-17.06	14	06.06-23.06	17	23.05-15.06	23	29.05-22.06	24	31.05-18.06	18	02.06-21.06	19
dojrzałość mleczna – dojrzałość pełna	17.06-02.07	15	23.06-12.07	19	15.06-08.07	23	22.06-13.07	21	18.06-20.07	32	21.06-20.07	29
długość okresu wegetacji	275		274		296		286		305		292	

Tabela 18. Daty występowania oraz długość poszczególnych podokresów wegetacji u pszenicy STH 4809

Podokresy wegetacji	Sezon 2007/2008				Sezon 2008/2009				Sezon 2009/2010			
	T ₁		T ₂		T ₁		T ₂		T ₁		T ₂	
	data	liczba dni	data	liczba dni	data	liczba dni	data	liczba dni	data	liczba dni	data	Liczba dni
siew - wschody	01.10-13.10	12	12.10-28.10	16	16.09-27.09	11	30.09-13.10	13	18.09-28.09	10	01.10-13.10	12
wschody - krzewienie	13.10-18.11	36	28.10-05.03	129	27.09-11.10	14	13.10-09.11	27	28.09-12.10	14	13.10-14.11	32
krzewienie – strzelanie w źdźbło	18.11-30.04	164	05.03-08.05	64	11.10-30.04	201	09.11-04.05	176	12.10-29.04	199	14.11-11.04	148
strzelanie w źdźbło - kłoszenie	30.04-06.06	37	08.05-04.06	27	30.04-26.05	26	04.05-29.05	25	29.04-03.06	35	11.04-07.06	57
kłoszenie – dojrzałość mleczna	06.06-24.06	18	04.06-27.06	23	26.05-18.06	23	04.06-24.06	26	03.06-21.06	18	07.06-24.06	17
dojrzałość mleczna – dojrzałość pełna	24.06-04.07	10	27.06-09.07	12	18.06-11.07	23	24.06-16.07	22	21.06-20.07	29	24.06-20.07	26
długość okresu wegetacji	277		271		299		289		305		292	

Tabela 19. Daty występowania oraz długość poszczególnych podokresów wegetacji u pszenicy Sukces

Podokresy wegetacji	Sezon 2007/2008				Sezon 2008/2009				Sezon 2009/2010			
	T1		T2		T1		T2		T1		T2	
	data	liczba dni	data	liczba dni	data	liczba dni	data	liczba dni	data	liczba dni	data	Liczba dni
siew - wschody	01.10-13.10	12	12.10-28.10	16	16.09-05.10	19	30.09-20.10	20	18.09-28.09	10	01.10-13.10	12
wschody - krzewienie	13.10-18.11	36	28.10-05.03	129	05.10-20.10	15	20.10-10.11	21	28.09-12.10	14	13.10-14.11	32
krzewienie – strzelanie w źdźbło	18.11-06.05	170	05.03-08.05	64	20.10-03.05	196	10.11-10.05	181	12.10-29.04	199	14.11-11.04	148
strzelanie w źdźbło - kłoszenie	06.05-05.06	30	08.05-03.06	26	03.05-30.05	27	10.05-03.06	24	29.04-05.06	37	11.04-07.06	57
kłoszenie – dojrzałość mleczna	05.06-13.06	8	03.06-23.06	20	30.05-25.06	26	03.06-29.06	26	05.06-17.06	12	07.06-20.06	13
dojrzałość mleczna – dojrzałość pełna	13.06-03.07	20	23.06-11.07	18	25.06-10.07	15	29.06-13.07	14	17.06-19.07	32	20.06-20.07	30
długość okresu wegetacji	276		273		298		286		304		292	

5.2.2. Plon i cechy struktury plonu

5.2.2.1. Plon i cechy struktury plonu w zależności od terminu siewu

W latach badań nie stwierdzono współdziałania pomiędzy czynnikami doświadczenia a plonem ziarna i cechami struktury plonu, dlatego w pracy opisano jedynie wpływ efektów głównych.

Nie stwierdzono istotnego wpływu terminu siewu na poziom plonów pszenicy w roku 2008, 2009 i średnio w latach, jedynie w roku 2010 opóźnienie terminu siewu spowodowało istotny 13 % spadek plonu ziarna.

Termin siewu również nie różnicował liczby roślin na jednostce powierzchni i masy tysiąca ziaren.

Stwierdzono istotny wpływ badanego czynnika na liczbę kłosów na jednostce powierzchni. W roku 2008 opóźnienie terminu siewu o 2 tygodnie powodowało 13% zmniejszenie liczby kłosów, a w kolejnych latach (2009, 2010) i średnio w trzyleciu omawiany parametr zmniejszył się pod wpływem późniejszego siewu o 11, 20 i 15%.

Jedynie w roku 2010 zaobserwowano istotny wpływ badanego czynnika na liczbę ziaren z kłosa. Opóźnienie siewu powodowało istotny 7% wzrost tej cechy struktury plonu.

W latach 2009 i 2010 oraz średnio w trzyleciu stwierdzono istotny wpływ terminu siewu na plon ziarna z kłosa. W roku 2009 opóźnienie terminu siewu spowodowało zmniejszenie plonu ziarna z kłosa o 0,04 g (3%), natomiast w roku 2010 i średnio w trzyleciu zwiększenie plonu ziarna z kłosa odpowiednio o 0,11 (8 %) i 0,09 g (6%).

Opóźnienie terminu siewu w latach 2009 i 2010 i średnio w trzyleciu powodowało zmniejszenie plonu ziarna z rośliny odpowiednio o 22, 10 i 10%.

Tabela 20. Plon i cechy struktury plonu pszenicy ozimej w zależności od terminu siewu w latach 2008-2010.

Rok	Termin siewu	Cechy								
		PZ (g·m ⁻²)	LR (szt.)	LZR (szt.)	LK (szt.)	LZK (szt.)	PZK (g)	PZR (g)	MTZ (g)	RP
2008	optymalny	1175	400	67,0	748b	33,1	1,58	3,21	47,27	2,0b
	opóźniony	1152	406	63,0	649a	36,7	1,80	3,03	47,79	1,7a
	NIR $\alpha=0,05$	r.n.	r.n.	r.n.	52,399	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	0,320
2009	optymalny	912	385	60,2b	679b	34,2	1,38b	2,51b	42,83	1,8b
	opóźniony	808	414	47,4a	610a	30,7	1,34a	2,06a	43,72	1,5a
	NIR $\alpha=0,05$	r.n.	r.n.	5,485	28,570	r.n.	0,112	0,437	r.n.	0,167
2010	optymalny	836b	421	44,5b	597b	30,2a	1,41a	2,09b	46,87	1,5b
	opóźniony	742a	406	40,7a	496a	32,4b	1,52b	1,90a	46,80	1,2a
	NIR $\alpha=0,05$	39,886	r.n.	2,542	46,454	1,215	0,109	0,133	r.n.	0,127
2008- 2010	optymalny	974	402	57,2	674b	32,5	1,46a	2,58b	45,32	1,8b
	opóźniony	901	409	50,4	585a	33,3	1,55b	2,34a	46,11	1,5a
	NIR $\alpha=0,05$	r.n.	r.n.	r.n.	43,656	r.n.	0,083	0,388	r.n.	0,219

PZ – plon ziarna; LR – liczba roślin; LZR – liczba ziaren z rośliny; LK – liczba kłosów; LZK – liczba ziaren z kłosa; PZK – plon ziarna z kłosa; PZR – plon ziarna z rośliny; MTZ – masa tysiąca ziaren;
r.n. - różnica nieistotna statystycznie dla $\alpha=0,05$

5.2.2.2. Plon i cechy struktury plonu w zależności od gęstości siewu

W latach 2008 i 2009 oraz średnio w trzyleciu gęstość siewu wpłynęła w sposób istotny statystycznie na plon ziarna. W latach tych wraz ze wzrostem gęstości siewu wzrastał plon ziarna. Wzrost plonu ziarna na obiekcie z największą gęstością ($600 \text{ ziaren}\cdot\text{m}^{-2}$) w porównaniu do najmniejszej ($300 \text{ ziaren}\cdot\text{m}^{-2}$) wynosił od 11 do 13%, a w odniesieniu do gęstości $450 \text{ ziaren}\cdot\text{m}^{-2}$ od 0,9 do 3%. Jedynie w roku 2010 zaobserwowano spadek plonu ziarna o 0,5% na obiekcie z gęstością siewu $600 \text{ ziaren}\cdot\text{m}^{-2}$ w porównaniu do ilości wysiewu $450 \text{ ziaren}\cdot\text{m}^{-2}$ (tab. 21).

Gęstość siewu wpłynęła w sposób istotny na liczbę roślin przy zbiorze na jednostce powierzchni. Wraz ze wzrostem gęstości siewu wzrastała liczba roślin. W latach badań i średnio w trzyleciu różnica pomiędzy obiektami z największą gęstością ($600 \text{ ziaren}\cdot\text{m}^{-2}$) w porównaniu do najmniejszej ($300 \text{ ziaren}\cdot\text{m}^{-2}$) wynosiła od 54 do 99%, a w odniesieniu do gęstości $450 \text{ ziaren}\cdot\text{m}^{-2}$ od 21 do 34% (tab. 21).

Przeprowadzone doświadczenie wskazuje, że zwiększanie ilości wysiewu pszenicy ozimej powodowało istotne zmniejszenie liczby ziaren z rośliny. Średnio w trzyleciu negatywny wpływ gęściejszego siewu objawiał się spadkiem wartości tego elementu odpowiednio o 29 i 60% przy wzroście gęstości siewu z 300 do $450 \text{ ziaren}\cdot\text{m}^{-2}$ oraz z 300 do $600 \text{ ziaren}\cdot\text{m}^{-2}$ (tab. 21).

Liczba kłosów na jednostce powierzchni była kształtowana przez gęstość wysiewu. W latach 2008 i 2009 zwiększenie ilości wysiewu z 300 do $450 \text{ ziaren}\cdot\text{m}^{-2}$ powodowało wzrost liczby kłosów na jednostce powierzchni o 19%, a z 450 do $600 \text{ ziaren}\cdot\text{m}^{-2}$ o 12%. W roku 2009 zwiększenie ilości wysiewu z 300 do $450 \text{ ziaren}\cdot\text{m}^{-2}$ jak i z 450 do $600 \text{ ziaren}\cdot\text{m}^{-2}$ powodowało wzrost liczby kłosów o 10%. Średnio w trzyleciu zwiększenie ilości wysiewu z 300 do $450 \text{ ziaren}\cdot\text{m}^{-2}$ powodowało wzrost liczby kłosów o 16%, a z 450 do $600 \text{ ziaren}\cdot\text{m}^{-2}$ o 11% (tab. 21).

Liczba ziaren z kłosa była kształtowana przez gęstość wysiewu. W 2008 roku i średnio w trzyleciu stwierdzono istotną różnicę w kształtowaniu liczby ziaren z kłosa u pszenicy pochodzącej z obiektów gdzie zastosowano gęstość wysiewu $600 \text{ ziaren}\cdot\text{m}^{-2}$ w porównaniu do 300 i $450 \text{ ziaren}\cdot\text{m}^{-2}$, między którymi nie zaobserwowano istotnych różnic. Wraz ze wzrostem gęstości siewu z 300 do $600 \text{ ziaren}\cdot\text{m}^{-2}$ zmniejszała się liczba ziaren w kłosie w 2008 roku o 23%, a średnio w trzyleciu o 17%. W 2009 roku nie stwierdzono istotnych różnic w kształtowaniu się tej cechy struktury plonu. W 2010 roku wraz ze wzrostem gęstości siewu

zmniejszała się liczba ziaren w kłosie o 6% przy wzroście ilości wysiewu z 300 do 450 ziaren·m⁻² oraz o 10% przy wzroście ilości wysiewu z 450 do 600 ziaren·m⁻² (tab. 21).

Wpływ badanego czynnika na kształtowanie plonu ziarna z rośliny zaobserwowano jedynie w roku 2010 i średnio z lat. W 2010 roku wzrost gęstości siewu z 300 do 600 ziaren·m⁻² powodował 17% zmniejszenie plonu ziarna z rośliny. Średnio w trzyleciu stwierdzono istotny 50% spadek plonu ziarna z rośliny stosując gęstość siewu w ilości 600 ziaren·m⁻² w porównaniu do najrzadszego siewu (300 ziaren·m⁻²) (tab. 21).

Masa tysiąca ziaren zależała od gęstości siewu jedynie w roku 2008. Istotnie niższą masę tysiąca ziaren o 1,7% stwierdzono u pszenic pochodzących z obiektu gdzie zastosowano gęstość siewu 600 ziaren·m⁻² w porównaniu do 300 ziaren·m⁻². W latach badań i średnio w trzyleciu ilość wysiewu wpłynęła w sposób istotny na kształtowanie rozkrzewienia produkcyjnego roślin. W 2008 wzrost ilości wysiewu z 300 do 450 ziaren·m⁻² zmniejszył rozkrzewienie produkcyjne o 27%, a z 450 do 600 ziaren·m⁻² o 17% (tab. 21).

Tabela 21. Plon i cechy struktury plonu pszenicy ozimej w zależności od gęstości siewu w latach 2008-2010.

Rok	Gęstość siewu	Cechy								
		PZ (g·m ⁻²)	LR (szt.)	LZR (szt.)	LK (szt.)	LZK (szt.)	PZK (g)	PZR (g)	MTZ (g)	RP
2008	300	1089a	270a	84,7c	597a	38,2b	1,83	4,07c	47,82b	2,2c
	450	1195b	401b	62,3b	708b	35,4b	1,70	2,99b	47,74b	1,8b
	600	1206c	537c	48,1a	792c	31,2a	1,54	2,29a	47,02a	1,5a
	NIR _{α=0,05}	57,604	27,787	5,213	61,576	3,596	r.n.	0,238	0,714	0,251
2009	300	801a	315a	62,9b	584a	32,7	1,39	2,65	42,53	1,9b
	450	877b	400ab	53,3ab	642ab	35,0	1,41	2,26	42,55	1,6ab
	600	903b	485b	45,1a	708b	29,8	1,29	1,95	43,22	1,5a
	NIR _{α=0,05}	43,923	120,735	15,267	109,535	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	0,378
2010	300	724	293a	52,6c	465a	33,5c	1,56b	2,47c	47,00	1,6c
	450	824	427b	41,2b	553b	31,8b	1,50b	1,94b	47,09	1,3b
	600	820	522c	34,0a	621c	28,6a	1,33a	1,58a	46,41	1,2a
	NIR _{α=0,05}	r.n.	31,284	4,406	49,796	2,452	0,127	0,243	r.n.	0,098
2008-2010	300	871a	293a	66,7c	547a	34,8b	1,59b	2,88b	45,78	1,9b
	450	965b	409b	52,3b	635b	34,1b	1,54b	2,53b	45,80	1,6a
	600	976b	515c	42,4a	707b	29,9a	1,39a	1,91a	45,55	1,4a
	NIR _{α=0,05}	80,089	73,773	9,655	78,036	3,976	0,175	0,470	r.n.	0,267

PZ – plon ziarna; LR – liczba roślin; LZR – liczba ziaren z rośliny; LK – liczba kłosów; LZK – liczba ziaren z kłosa; PZK – plon ziarna z kłosa; PZR – plon ziarna z rośliny; MTZ – masa tysiąca ziaren; r.n. - różnica nieistotna statystycznie dla $\alpha=0,05$

5.2.2.3. Plon i cechy struktury plonu w zależności od odmiany

Pszenica zwyczajna Sukces w latach 2009 i 2010 oraz średnio w trzyleciu wydała większy plon ziarna w porównaniu do pszenicy orkiszowej STH 8 i STH 4809, które plonowały na podobnym poziomie. W roku 2008 pszenica Sukces plonowała wyżej od pszenicy STH 8 i STH 4809 odpowiednio o 42 i 44%. W roku 2009 nie stwierdzono istotnej różnicy w plonowaniu między badanymi odmianami. W roku 2010 pszenica Sukces plonowała wyżej od pszenicy STH 8 i STH 4809 odpowiednio o 9 i 16%. Średnio w trzyleciu pszenica Sukces wydała wyższy plon ziarna o około 20% w porównaniu do pszenic orkiszowych STH 8 i STH 4809 (tab. 22).

Liczba roślin na jednostce powierzchni nie była zróżnicowana u badanych odmian w latach 2008 i 2009 oraz średnio w trzyleciu. Natomiast w roku 2010 najwyższą liczbę roślin stwierdzono u odmiany STH 8 i wynosiła ona 429 sztuk na m² oraz u odmiany STH 4809 - 417 sztuk na m². Najmniejszą liczbę roślin na jednostce powierzchni stwierdzono u odmiany pszenicy zwyczajnej Sukces - 396 szt. (tab. 22).

Liczba ziaren z rośliny była zmienna w zależności od odmiany. W roku 2008 największą liczbę ziaren z rośliny stwierdzono u odmiany Sukces. Różnica pomiędzy odmianą Sukces a STH 8 i STH 4809 wynosiła odpowiednio 24 i 38%. Liczba ziaren z rośliny u badanych odmian pszenicy orkiszowej była na podobnym poziomie. W roku 2009 większą liczbę ziaren z rośliny stwierdzono u odmiany STH 8 w porównaniu do odmiany STH 4809 i Sukces między, którymi nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic. Natomiast w roku 2010 najmniejszą liczbę ziaren z rośliny stwierdzono u pszenicy orkiszowej STH 4809 w porównaniu do pszenicy STH 8 i pszenicy zwyczajnej Sukces, między którymi nie stwierdzono istotnych różnic. Średnio w trzyleciu stwierdzono, że najwyższą liczbą ziaren z rośliny charakteryzowały się odmiana pszenicy zwyczajnej Sukces i pszenicy orkiszowej STH 8 w porównaniu do pszenicy orkiszowej STH 4809, wynosiła ona odpowiednio 56,4, 55,9 i 49,1 sztuk (tab. 22).

Liczba kłosów była zmienna u badanych odmian. Największą liczbę kłosów stwierdzono u odmiany pszenicy Sukces (737 szt.·m⁻²). Odmiana STH 8 i STH 4809 wytworzyły w odniesieniu do Sukces o 4 i 13 % mniej kłosów. W 2009 roku i średnio w trzyleciu nie stwierdzono istotnych różnic w liczbie kłosów na jednostce powierzchni wśród badanych odmian. W 2010 roku istotnie większą liczbę kłosów wytworzyła

odmiana pszenicy orkiszowej STH 8 w porównaniu do pszenicy STH 4809 i Sukces. Różnica wynosiła odpowiednio 9 i 13%. (tab.22).

W 2008 roku odmiana pszenicy zwyczajnej Sukces charakteryzowała się istotnie wyższą liczbą ziaren z kłosa w porównaniu do pszenicy orkiszowej STH 4809. W 2009 roku u pszenicy orkiszowej STH 8 stwierdzono istotnie większą liczbę ziaren z kłosa w porównaniu do pszenicy orkiszowej STH 4809 i pszenicy zwyczajnej Sukces między którymi nie zaobserwowano istotnych statystycznie różnic. W 2010 roku najmniejszą liczbę ziaren z kłosa stwierdzono u pszenicy STH 4809, a najwyższą u odmiany Sukces. Średnio w trzyleciu nie stwierdzono wpływu odmiany na badaną cechę struktury plonu (tab. 22).

Pszenica zwyczajna wydała istotnie wyższy plon ziarna z kłosa w latach 2008 i 2010 oraz średnio w trzyleciu w porównaniu do dwóch badanych pszenic orkiszowych między, którymi nie stwierdzono istotnych różnic. W roku 2009 nie stwierdzono istotnych różnic w plonie ziarna z kłosa u badanych pszenic (tab. 22).

W latach 2008 i 2010 pszenica zwyczajna Sukces charakteryzowała się istotnie wyższym plonem ziarna z rośliny w porównaniu do dwóch badanych pszenic orkiszowych między, którymi nie stwierdzono istotnych różnic. Natomiast w roku 2009 najwyższy plon ziarna z rośliny stwierdzono u pszenic orkiszowych w porównaniu do pszenicy zwyczajnej. Średnio w trzyleciu najwyższy plon ziarna z rośliny wydała pszenica STH 8, następnie pszenica Sukces, a najniższy odmiana STH 4809. Różnica w odniesieniu do pszenicy STH 8 wynosiła 2,4 i 6,3%.

Największą masę tysiąca ziaren w roku 2008 i średnio w trzyleciu stwierdzono u pszenicy Sukces i wyniosła ona 50,96 g, następnie u odmiany STH 4809 i odmiany STH 8. Różnica wynosiła 3,19 i 7,1 g. W 2009 roku najniższą masę tysiąca ziaren stwierdzono u pszenicy orkiszowej STH 8 w porównaniu do pszenicy orkiszowej STH 4809 i pszenicy zwyczajnej Sukces, między którymi nie stwierdzono istotnych różnic.

Pszenica zwyczajna Sukces w roku 2008 charakteryzowała się istotnie większym rozkrzewieniem produkcyjnym (2,0) w porównaniu do pszenicy orkiszowej STH 8 i STH 4809 (odpowiednio 1,8 i 1,7). Natomiast w roku 2009 pszenica Sukces krzewiła się w mniejszym stopniu w porównaniu do badanych pszenic orkiszowych. W roku 2010 najmniejsze rozkrzewienie produkcyjne stwierdzono u pszenicy STH 8, odmiana krzewiła się w mniejszym stopniu w porównaniu do pszenicy STH 4809. Średnio w trzyleciu nie stwierdzono różnic między odmianami w rozkrzewieniu produkcyjnym (tab. 22).

5.2.2.4. Zależności korelacyjne

Wyliczone współczynniki korelacji plonu i cech jego struktury z czynnikami doświadczenia terminem i gęstością wysiewu wskazują na istotną ale przeciętną ujemną korelację terminu siewu z liczbą kłosów i rozkrzewieniem produkcyjnym, co wskazuje że wraz z opóźnieniem siewu omawiane cechy struktury plonu zmniejszają się (tab.23).

Większa zależność korelacyjna wystąpiła z gęstością siewu. Wysoka dodatnia korelacja wystąpiła pomiędzy gęstością siewu a liczbą roślin i liczbą kłosów. Ujemna natomiast pomiędzy gęstością siewu a liczbą ziaren z rośliny, liczbą ziaren z kłosa, plonem ziarna z rośliny i plonem ziarna z kłosa oraz rozkrzewieniem produkcyjnym (tab. 23).

Tabela 22. Plon i cechy struktury plonu pszenicy ozimej w zależności od odmiany w latach 2008-2010.

Rok	Odmiana	Cechy								
		PZ (g·m ⁻²)	LR (szt.)	LZR (szt.)	LK (szt.)	LZK (szt.)	PZK (g)	PZR (g)	MTZ (g)	RP
2008	STH 8	1022a	409	62,3a	709ab	34,2ab	1,50a	2,74a	43,86a	1,8a
	STH 4809	1013a	404	55,8a	650a	33,1a	1,58a	2,67a	47,77b	1,7a
	Sukces	1455b	392	77,0b	737b	37,4b	1,98b	3,95b	50,96c	2,0b
	NIR $\alpha=0,05$	113,460	r.n.	7,066	59,534	3,391	4,443	0,337	0,785	0,163
2009	STH 8	836	365	61,4b	645	35,4b	1,36	2,47b	40,22a	1,8b
	STH 4809	882	399	53,3a	653	31,1a	1,36	2,33b	43,82b	1,7b
	Sukces	863	436	46,6a	637	31,1a	1,37	2,07a	44,26b	1,5a
	NIR $\alpha=0,05$	r.n.	r.n.	7,383	r.n.	4,443	r.n.	0,363	2,119	0,164
2010	STH 8	781a	429c	44,0b	532b	31,2b	1,36a	1,91a	43,42a	1,4b
	STH 4809	734a	417b	38,3a	487a	28,8a	1,37a	1,85a	48,13b	1,3a
	Sukces	853b	396a	45,5b	469a	33,8c	1,66b	2,22b	48,95b	1,3ab
	NIR $\alpha=0,05$	55,004	18,110	2,792	30,461	1,322	0,082	0,129	0,749	0,079
2008- 2010	STH 8	880a	401	55,9b	646	33,6	1,40a	2,53b	42,50a	1,7
	STH 4809	876a	408	49,1a	613	31,0	1,44a	2,38a	46,57b	1,6
	Sukces	1057b	408	56,4b	631	34,1	1,67b	2,47ab	48,06c	1,6
	NIR $\alpha=0,05$	91,98	r.n.	6,116	r.n.	r.n.	0,145	0,096	1,374	r.n.

PZ – plon ziarna; LR – liczba roślin; LZR – liczba ziaren z rośliny; LK – liczba kłosów; LZK – liczba ziaren z kłosa; PZK – plon ziarna z kłosa; PZR – plon ziarna z rośliny; MTZ – masa tysiąca ziaren; r.n.- różnica nieistotna statystycznie dla $\alpha= 0,05$

Tabela 23. Współczynniki korelacji pomiędzy czynnikami doświadczenia, plonem i cechami struktury plonu pszenicy ozimej (2008-2010).

Cecha	TS	GS	LR	LK	PZ	LZR	LZK	PZK	RP
TS									
GS	0,000								
O	0,000	0,000							
LR	0,023	0,951*							
LK	-0,413*	0,593*	0,596*						
PZ	-0,234	0,182	0,146	0,661*					
LZR	-0,234	-0,644*	-0,699*	0,040	0,506*				
LZK	0,151	-0,522*	-0,542*	-0,179	0,517*	0,756*			
PZK	0,142	-0,438*	-0,473*	-0,238	0,560*	0,633*	0,903*		
PZR	-0,205	-0,616*	-0,679*	-0,004	0,567*	0,970*	0,779*	0,754*	
RP	-0,411*	-0,620*	-0,676*	0,150	0,401*	0,935*	0,496*	0,367*	0,875*
MTZ	0,040	-0,098	-0,144	-0,268	0,304*	0,078	0,259	0,645*	0,306*

TS - termin siewu; GS – gęstość siewu; LR – liczba roślin z m²; LK – liczba kłosów z m²; PZ – plon ziarna z m²; LZR - liczba ziaren z rośliny; LZK - liczba ziaren z kłosa; PZK - plon ziarna z kłosa; PZR - plon ziarna z rośliny; RP - rozkrzewienie produkcyjne; MTZ – masa tysiąca ziaren;

5.2.5. Wartość technologiczna

5.2.5.1. Wartość technologiczna w zależności od terminu siewu

Termin siewu nie miał wpływu na cechy wartości wypiekowej i przemiałowej: zawartość białka, zawartość glutenu mokrego, indeks glutenu, wskaźnik sedymentacyjny SDS, liczbę opadania i gęstość ziarna w stanie zsypanym. Jedynie w roku 2009 opóźnienie terminu siewu o dwa tygodnie spowodowało istotne pogorszenie jakości glutenu (tab. 24).

Wystąpiło współdziałanie odmiany z terminem siewu oraz terminu i gęstości w kształtowaniu poszczególnych cech jakościowych (rys. 16, 18).

Tabela 24. Wybrane elementy wartości technologicznej pszenicy ozimej w zależności od terminu siewu w latach 2008-2010.

Rok	Termin siewu	Cechy					
		B (%)	GM (%)	IG	WS (cm ³)	LO (s)	GZS (kg·hl ⁻¹)
2008	optymalny	11,41	28,5	58	52,8	336	83,4
	opóźniony	11,55	28,2	58	52,6	328	83,2
	NIR $\alpha=0,05$	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
2009	optymalny	12,28	30,3a	48b	57,0	277	78,8
	opóźniony	12,31	30,6b	41a	56,6	287	79,0
	NIR $\alpha=0,05$	r.n.	r.n.	6,194	r.n.	r.n.	r.n.
2010	optymalny	10,79	25,4	58	53,9	343	83,1
	opóźniony	10,97	25,7	58	55,6	344	83,4
	NIR $\alpha=0,05$	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
2008-2010	optymalny	11,49	28,0	55	54,6	319	81,8
	opóźniony	11,61	28,1	52	54,9	319	81,9
	NIR $\alpha=0,05$	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

B – zawartość białka; GM – wydajność glutenu mokrego; IG – indeks glutenu; WS – wskaźnik sedymentacyjny SDS; LO – liczba opadania; GZS – gęstość ziarna w stanie zsypanym;

r.n. - różnica nieistotna statystycznie dla $\alpha=0,05$

5.2.5.2. Wartość technologiczna w zależności od gęstości siewu

Cechy wartości technologicznej podlegały względnie niewielkim zmianom pod wpływem gęstości wysiewu. Gęstość siewu tylko w 2009 roku miała istotny wpływ na kształtowanie tej cechy. Wyższą zawartość białka stwierdzono w próbach pochodzących z obiektu gdzie zastosowano gęstość siewu w ilości 300 ziaren·m⁻² w porównaniu do 600 ziaren·m⁻² różnica wynosiła 0,19%. W roku 2008 najmniejszą ilość glutenu mokrego wymyło z ziarna pszenicy pochodzącej z obiektu, na którym zastosowano wysiew w ilości 450 ziaren·m⁻², a największą na obiekcie gdzie zastosowano 600 ziaren·m⁻². Różnica wynosiła 2

p.p. W latach 2009 i 2010 oraz średnio w trzyleciu wraz ze wzrostem gęstości siewu zmniejszała się ilość glutenu mokrego (tab. 25).

W zasadzie gęstość siewu nie miała wpływu na indeks glutenu, jedynie w 2008 roku stwierdzono niewielki jednak udowodniony statystycznie wzrost tego parametru w ziarnie z największej gęstości siewu w porównaniu do najmniejszej (tab. 25).

W latach 2008 i 2009 oraz średnio w trzyleciu nie stwierdzono wpływu badanego czynnika na kształtowanie wskaźnika sedymentacyjnego SDS. Jedynie w roku 2010 zaobserwowano istotny jego wzrost zwiększając ilość wysiewu z 300 do 450 ziaren·m⁻².

Liczba opadania zmniejszała się w roku 2008 wraz ze wzrostem gęstości wysiewu. W pozostałych latach badań i średnio z lat nie stwierdzono istotnych różnic w kształtowaniu tego parametru.

Gęstość siewu wpływała istotnie na gęstość ziarna w stanie zsypanym w roku 2008 i 2010 oraz średnio w trzyleciu. W roku 2008 najmniejszą gęstość ziarna w stanie zsypanym stwierdzono u pszenicy pochodzącej z największej gęstości (600 ziaren·m⁻²) w porównaniu do 300 i 450 ziaren·m⁻² między którymi nie stwierdzono istotnych różnic. Podobnie w roku 2010 i średnio w trzyleciu stwierdzono istotny spadek gęstości ziarna w stanie zsypanym przy zwiększeniu gęstości siewu z 300 do 600 ziaren·m⁻² (tab. 25).

Tabela 25. Wybrane elementy wartości technologicznej pszenicy ozimej w zależności od gęstości siewu w latach 2008-2010.

Rok	Termin siewu	Cechy					
		B (%)	GM (%)	IG	WS (cm ³)	LO (s)	GZS (kg·hl ⁻¹)
2008	300	11,49	28,9b	55a	52,5	337	83,6
	450	11,49	28,0a	58ab	52,7	337	83,5
	600	11,46	30,0c	60b	52,9	332	82,9
	NIR $\alpha=0,05$	r.n.	0,462	2,947	r.n.	r.n.	r.n.
2009	300	12,40b	30,7b	46	56,9	284	78,8
	450	12,27ab	30,4ab	42	56,0	284	78,9
	600	12,21a	30,2a	45	57,5	278	78,9
	NIR $\alpha=0,05$	0,16	0,390	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
2010	300	11,00	25,8c	60	54,0a	345	83,4
	450	10,92	25,6b	55	55,2b	344	83,3
	600	10,73	25,1a	58	54,9ab	341	83,1
	NIR $\alpha=0,05$	r.n.	0,147	r.n.	1,085	r.n.	r.n.
2008-2010	300	11,63	28,5b	54	54,5	322	81,9
	450	11,56	28,0a	52	54,6	321	81,9
	600	11,47	27,8a	54	55,1	314	81,7
	NIR $\alpha=0,05$	r.n.	0,291	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

B – zawartość białka; GM – wydajność glutenu mokrego; IG – indeks glutenu; WS – wskaźnik sedymentacyjny SDS; LO – liczba opadania; GZS – gęstość ziarna w stanie zsypanym; r.n. - różnica nieistotna statystycznie dla $\alpha=0,05$

5.2.5.3. Wartość technologiczna w zależności od odmiany

W latach badań i średnio w trzyleciu stwierdzono istotne różnice w badanych parametrach wartości technologicznej w zależności od odmiany.

We wszystkich latach badań odmiana w sposób istotny wpłynęła na zawartość białka. W roku 2008 stwierdzono istotnie wyższą zawartość białka u odmiany orkisz STH 8 i orkisz STH 4809 w porównaniu do pszenicy zwyczajnej Sukces, różnica wynosiła 0,45%. W roku 2009 najwyższą zawartością białka charakteryzowała się odmiana orkisz STH 4809, następnie orkisz STH 8, najmniejszą zaś Sukces. Różnica w odniesieniu do najwyższej wartości wynosiła 0,38 i 1,36%. W roku 2010 stwierdzono istotnie wyższą zawartość białka u odmiany orkisz STH 8 i orkisz STH 4809 w porównaniu do pszenicy zwyczajnej Sukces (tab. 26).

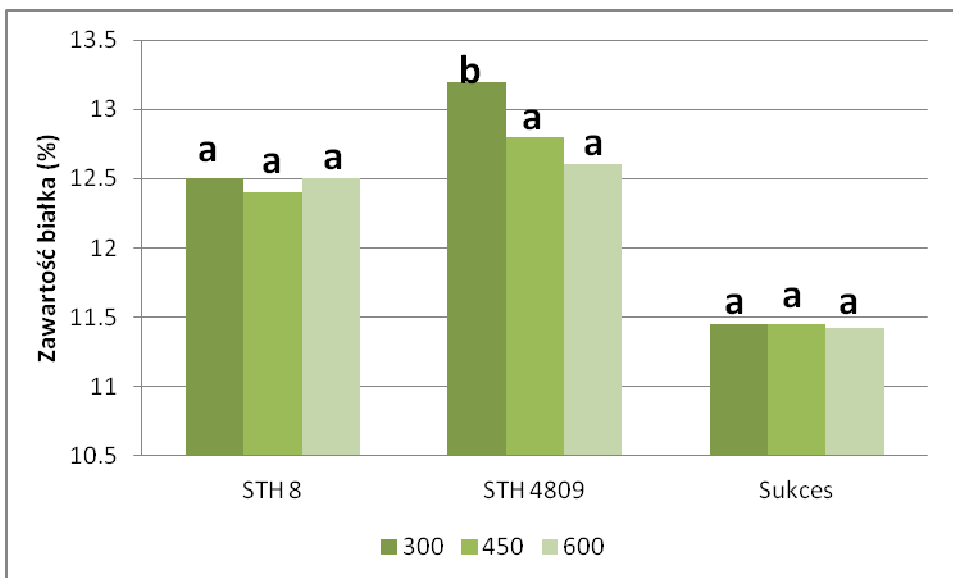
Tabela 26. Wybrane elementy wartości technologicznej pszenicy ozimej w zależności od odmiany w latach 2008-2010.

Rok	Termin siewu	Cechy					
		B (%)	GM (%)	IG	WS (cm ³)	LO (s)	GZS (kg·hl ⁻¹)
2008	STH 8	11,63b	30,1c	39a	40,9a	347b	83,7b
	STH 4809	11,63b	28,4b	59b	53,8b	326a	81,0a
	Sukces	11,18a	26,4a	76c	63,4c	322a	85,23c
	NIR $\alpha=0,05$	0,34	0,218	3,303	0,870	8,592	r.n.
2009	STH 8	12,49b	31,1b	37a	49,6a	321b	78,7b
	STH 4809	12,87c	32,3c	47b	59,8b	324b	80,6c
	Sukces	11,51a	27,8a	50c	61,0b	201a	77,4a
	NIR $\alpha=0,05$	0,16	0,209	1,808	1,845	4,948	r.n.
2010	STH 8	10,96b	27,6c	35a	42,9a	339a	83,5b
	STH 4809	11,20b	26,2b	59b	59,8b	346b	83,4b
	Sukces	10,48a	22,8a	79c	61,6c	345b	82,9a
	NIR $\alpha=0,05$	0,47	0,178	6,867	0,716	7,639	r.n.
2008-2010	STH 8	11,69b	29,6c	37a	44,4a	336b	82,0b
	STH 4809	11,90b	29,0b	55b	57,8b	332b	81,7a
	Sukces	11,06a	25,7a	68c	62,0c	290a	81,9b
	NIR $\alpha=0,05$	0,61	0,164	3,692	1,019	5,900	r.n.

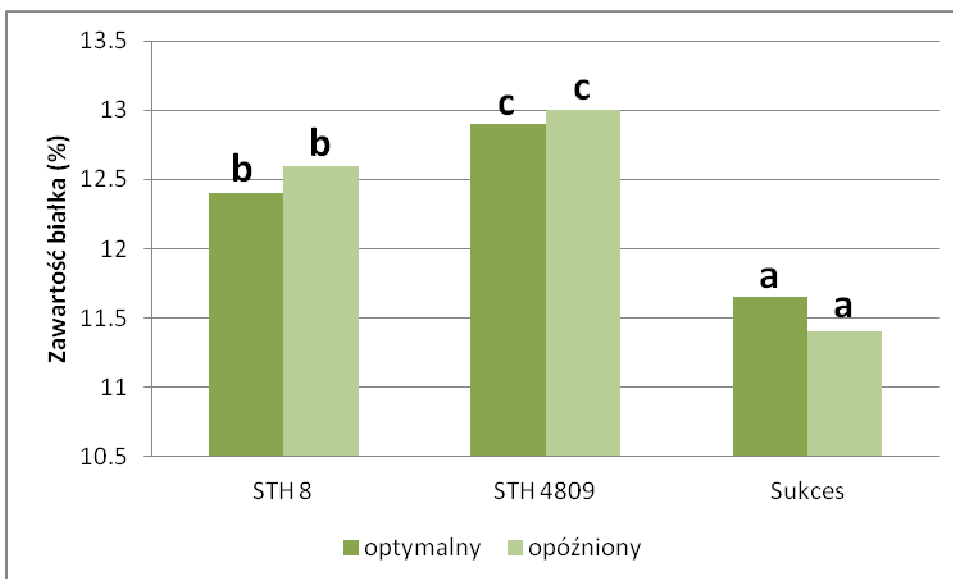
B – zawartość białka; GM – wydajność glutenu mokrego; IG – indeks glutenu; WS – wskaźnik sedymentacyjny SDS; LO – liczba opadania; GZS – gęstość ziarna w stanie zsypanym;

r.n. - różnica nieistotna statystycznie dla $\alpha=0,05$

Istotne współdziałanie terminu siewu i gęstości siewu oraz gęstości siewu i odmiany w kształtowaniu zawartości białka stwierdzono w 2009 roku (rys. 14, 15).



Rysunek 14. Interakcja gęstości siewu i odmiany w kształtowaniu zawartości białka (%) w roku 2009.

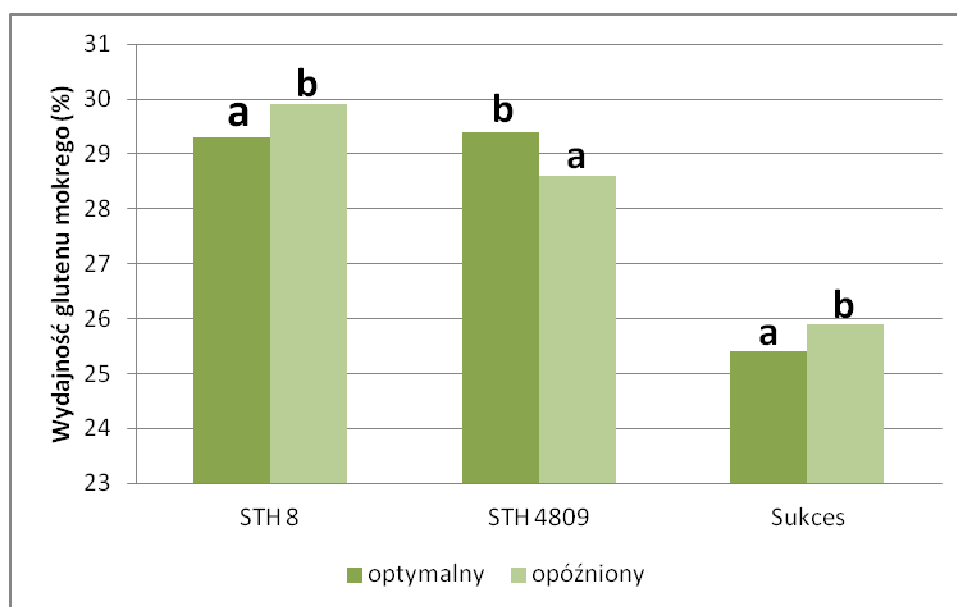


Rysunek 15. Interakcja terminu siewu i odmiany w kształtowaniu zawartości białka (%) w roku 2009.

Gęstość siewu nie miała wpływu na zawartość białka u odmiany pszenicy zwyczajnej Sukces, natomiast u odmian pszenicy orkiszowej zmniejszała się wraz ze zwiększeniem ilości wysiewu (rys. 14).

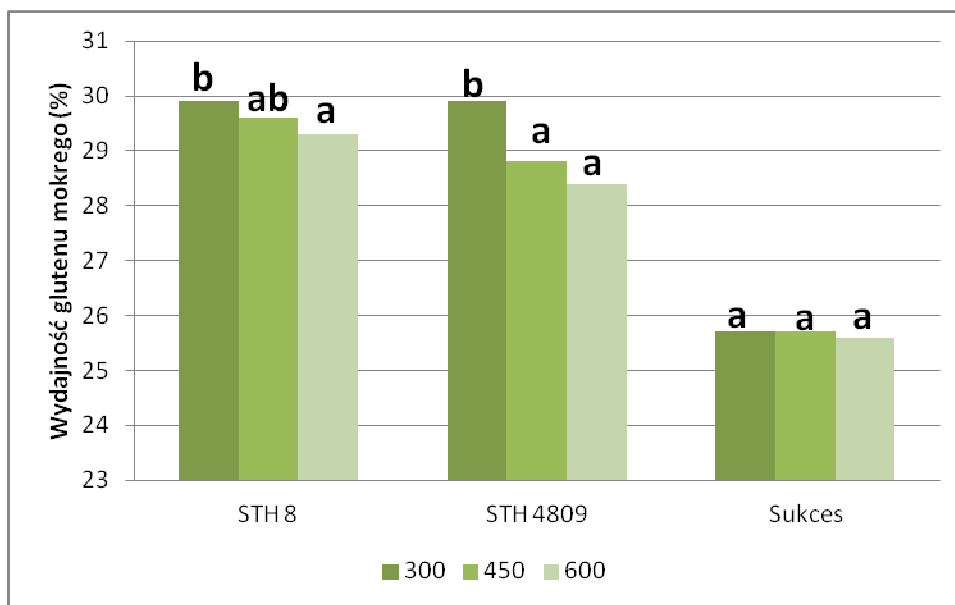
U odmian pszenic orkiszowych opóźnienie siewu powodowało wzrost ilości białka, natomiast u pszenicy Sukces zmniejszenie (rys. 15).

Wydajność glutenu zależała od odmiany i lat badań. W roku 2008 i 2010 i średnio w trzyleciu najwyższą wydajność glutenu mokrego w ziarnie stwierdzono u odmiany STH 8, następnie u pszenicy STH 4809, a najniższą u odmiany pszenicy zwyczajnej Sukces. Średnio w trzyleciu ilość glutenu pszenicy orkiszowej STH 8 wynosił 29,9%, pszenicy STH 4809 – 28,6%, a pszenicy Sukces 25,3%.



Rysunek 16. Interakcja odmiany i terminu siewu w kształtowaniu ilości glutenu mokrego (2008-2010).

Interakcja wykazała, że u pszenicy orkiszowej STH 4809 opóźnienie siewu powodowało zmniejszenie wydajności glutenu, odwrotnie u pszenicy orkiszowej STH 8 i zwyczajnej Sukces opóźnienie siewu wpłynęło korzystnie na ilość wymytego glutenu (rys. 16).



Rysunek 17. Interakcja odmiany i gęstości siewu w kształtowaniu ilości glutenu (2008-2010).

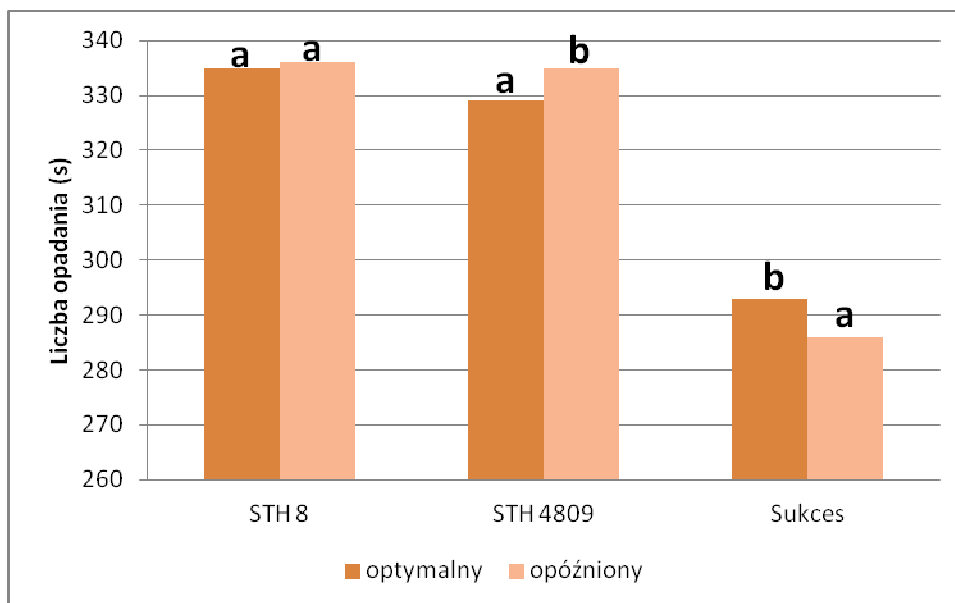
Interakcja wskazuje, że u badanych odmian gęstość siewu w odmienny sposób wpływała na ilość glutenu. W przypadku pszenicy zwyczajnej Sukces nie miała wpływu na omawiany parametr, u pszenicy orkiszowej STH 4809 i STH 8 wraz ze zwiększeniem ilości wysiewu, następowało zmniejszenie wydajności glutenu (rys. 17).

We wszystkich latach badań i średnio w trzyleciu zaobserwowano najlepszą jakość glutenu u pszenicy zwyczajnej Sukces, następnie u odmian pszenicy orkiszowej STH 4809 i STH 8. Średnio w trzyleciu indeks glutenu pszenicy Sukces wynosił 68, dla pszenicy orkiszowej STH 4809 wynosił 55, a dla STH 8 wynosił 37.

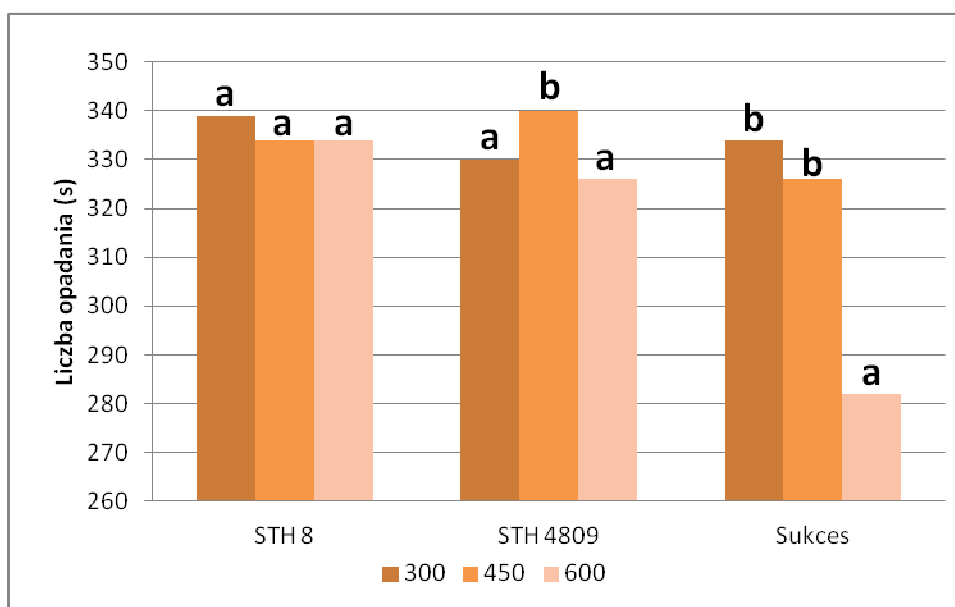
Najwyższy wskaźnik sedymentacyjny SDS w latach 2008 i 2010 oraz średnio w trzyleciu zaobserwowano u odmiany Sukces, następnie u odmiany STH 4809, a najniższy u odmiany STH 8. W roku 2009 najniższą wartością badanego parametru charakteryzowała się pszenica orkiszowa STH 8. Różnice były istotne zarówno w odniesieniu do STH 4809 i Sukces. Średnio w trzyleciu wskaźnik sedymentacyjny SDS u odmiany Sukces wynosił 62 cm^3 , u STH 4809 – 58 cm^3 i STH 8 – 44 cm^3 .

Stwierdzono istotne zmniejszenie liczby opadania wraz ze wzrostem gęstości siewu w roku 2008. W pozostałych latach i średnio w trzyleciu taka zależność nie wystąpiła. Wystąpiła interakcja odmiany i terminu siewu oraz odmiany i gęstości w wielkości liczby opadania (rys.18, 19).

W przypadku pszenicy STH 8 termin siewu nie miał wpływu na wielkość liczby opadania, u pszenicy orkiszowej STH 4809 opóźnienie siewu o dwa tygodnie przyczyniło się do wzrostu liczby opadania, a u pszenicy zwyczajnej Sukces do jej obniżenia (rys.18).



Rysunek 18. Interakcja terminu siewu i odmiany w kształtowaniu liczby opadania (2008-2010)



Rysunek 19. Interakcja gęstości siewu i odmiany w kształtowaniu liczby opadania (2008-2010).

W przypadku pszenicy orkiszowej STH 8 gęstość wysiewu nie miała wpływu na wielkość liczby opadania, natomiast u pszenicy STH 4809 najwyższe wartości stwierdzono z obiektów z gęstością wysiewu 450 z m², u pszenicy zwyczajnej Sukces wysokie wartości tej cechy stwierdzono z obiektów z ilością wysiewu 300 i 450 (334, 325 s), istotnie niższe na obiekcie z największą gęstością (282 s) (rys.19).

W latach badań i średnio w trzyleciu nie stwierdzono istotnych różnic w kształtowaniu gęstości ziarna w stanie zsybnym u badanych odmian pszenicy.

5.2.5.4. Zależności korelacyjne

Oznaczone cechy wartości technologicznej nie wykazały istotnych związków korelacyjnych z terminem siewu i gęstością siewu. Wystąpiły natomiast istotne korelacje cech wartości technologicznej między sobą. Największy związek stwierdzono pomiędzy zawartością białka i ilością glutenu (0,914) (tab.27).

Tabela 27. Współczynniki korelacji pomiędzy czynnikami doświadczenia, plonem i wartością technologiczną pszenicy ozimej (2008-2010).

Cecha	TS	GS	PZ	MTZ	GZS	B	GM	IG	LO
TS									
GS	0,000								
O	0,000	0,000							
PZ	-0,234	0,182							
MTZ	0,040	-0,098	0,304*						
GZS	0,027	-0,041	-0,330*	0,162					
B	0,016	-0,094	-0,041	-0,535*	-0,406*				
GM	0,020	-0,099	-0,030	-0,610*	-0,410*	0,914*			
IG	-0,066	0,008	0,378*	0,787*	0,103	-0,507*	-0,714*		
LO	0,013	-0,075	0,075	0,106	0,436*	-0,121	-0,079	0,092	
WS	0,058	0,030	0,177	0,552*	0,004	-0,055	-0,326*	0,699*	-0,317*

TS - termin siewu; GS – gęstość siewu; PZ – plon ziarna z m²; MTZ – masa tysiąca ziaren; GZS – gęstość ziarna w stanie zsypanym; ZB – zawartość białka; GM – wydajność glutenu mokrego; IG – indeks glutenu; LO – liczba opadania; WS – wskaźnik sedymentacyjny SDS;

5.2.6. Frakcje białek

Analiza chromatogramów pokazała typowe rozmieszczenie frakcji białek (rys.20, 21). Zawartość poszczególnych frakcji i grup białek zależała od odmiany, terminu siewu i gęstości siewu (tab. 28).

Opóźnienie terminu siewu o dwa tygodnie powodowało zwiększenie zawartości białka ogólnego o 3,3%. Wzrost zawartości poszczególnych grup i frakcji białek był zróżnicowany. Późniejszy siew przyczynił się do wzrostu: albumin i globulin o 1%, gliadyn o 2% i glutenin o 7% w tym frakcji α/β -gliadyn o 3%, γ -gliadyn o 2%, podjednostek LMW o 7,8%, oraz zmniejszenie ω -gliadyn o 3%.

Gęstość siewu również różnicowała ilość grup i frakcji białek. Zwiększenie ilości wysiewu z 300 do 450 ziaren·m⁻² spowodowało spadek zawartości albumin i globulin o 2%, natomiast już dalszy wzrost wysiewu z 450 do 600 ziaren·m⁻² powodował wzrost zawartości tej grupy białek o 1,7%. Zwiększenie ilości wysiewu spowodowało wzrost zawartości gliadyn ogółem oraz poszczególnych frakcji ω -gliadyn, α/β - gliadyn o 1,4%, γ -gliadyn. W największym stopniu zwiększyła się frakcja ω -gliadyn (o 5,7%), w najmniejszym γ -gliadyn (1,6%). Wyniki badań wykazały, że zwiększenie gęstości siewu wpłynęło na zmniejszenie zawartości glutenin. Zwiększenie ilości wysiewu z 300 do 600 ziaren·m⁻² spowodowało spadek zawartości podjednostek HMW o 2,6% i LMW o 1,8%.

Porównując badane odmiany stwierdzono, że albuminy i globuliny stanowiły od 21 do 26% białka całkowitego. Najwięcej albumin i globulin zawierała pszenica zwyczajna Sukces. Odmiana STH 8 charakteryzowała się mniejszą zawartością tej grupy białek o 2 p.p., a odmiana STH 4809 o 5 p.p. Badane odmiany różniły się również zawartością gliadyn. Najwyższą zawartość tych białek stwierdzono u odmiany STH 4809, a najmniejszą u pszenicy zwyczajnej Sukces. We wszystkich badanych odmianach występowały ich mniejsze podfrakcje czyli ω -gliadyny (około 5% całkowitego białka) i większe podjednostki α/β -gliadyny (27% całkowitego białka u pszenic orkiszowych i 25% u Sukces) oraz γ -gliadyny (13% białka całkowitego). Gluteniny były głównymi białkami zapasowymi w ziarniakach badanych odmian pszenic. Odmiana STH 4809 charakteryzowała się największą zawartością HMW (10% białka całkowitego), a najmniejszą odmiana STH 8 i Sukces (9% białka całkowitego).

Ponadto stwierdzono współdziałanie odmiany z terminem siewu, odmiany z gęstością siewu w kształtowaniu zawartości poszczególnych frakcji białek (rys. 22-37).

Opóźnienie terminu siewu u odmiany Sukces i orkisz STH 4809 spowodowało istotny statystycznie wzrost zawartości albumin i globulin, natomiast u odmiany orkisz STH 8 zmniejszenie tej frakcji białek (rys. 22). U pszenicy orkisz STH 8 gęstość siewu nie miała wpływu na ilość omawianej grupy białek. W ziarnie pszenicy orkisz STH 4809 zastosowanie ilości wysiewu $600 \text{ ziaren} \cdot \text{m}^{-2}$ powodowało zmniejszenie frakcji albumin i globulin w odniesieniu do ziarna pochodzącego z obiektów, na których zastosowano 300 i $450 \text{ ziaren} \cdot \text{m}^{-2}$. U odmiany Sukces najmniejszą ilość omawianej frakcji białek stwierdzono w ziarnie pochodzącego z obiektów, na których obsada roślin wynosiła $450 \text{ ziaren} \cdot \text{m}^{-2}$ (rys. 23).

Ogólna zawartość gliadyn zależała od czynników doświadczenia oraz interakcji odmiany z terminem siewu, odmiany z gęstością siewu (rys. 24-25).

Opóźnienie terminu siewu spowodowało istotny statystycznie wzrost zawartości gliadyn u pszenicy orkisz STH 8 i Sukces. Zależność taka nie wystąpiła u pszenicy orkisz STH 4809 (rys. 24).

W przypadku pszenicy orkisz STH 8 każde zwiększenie gęstości siewu wpłynęło na istotny wzrost zawartości gliadyn. U pozostałych odmian gęstość siewu nie miała wpływu na kształtowanie się tej grupy białek (rys. 25).

Opóźnienie terminu siewu spowodowało istotne zmniejszenie zawartości ω -gliadyn (orkisz STH 8) lub wzrost (orkisz STH 4809), u pszenicy zwyczajnej Sukces zawartość ω -gliadyn nie zależała od terminu siewu (rys. 26).

Istotnie największa zawartość ω -gliadyn u pszenicy orkisz STH 8 i Sukces stwierdzono w ziarnie z obiektów z największej gęstości siewu, natomiast u pszenicy orkisz STH 4809 z gęstości $450 \text{ ziaren} \cdot \text{m}^{-2}$ (rys. 27)

Opóźnienie terminu siewu spowodowało istotny statystycznie wzrost zawartości α/β -gliadyn u odmiany orkisz STH 8 i Sukces, nie miało wpływu na tą cechę u odmiany orkisz STH 4809 (rys. 28). Zaobserwowano istotnie wyższą zawartość tej frakcji białek w ziarnie pszenicy pochodzącym z obiektu gdzie zastosowano gęstość wysiewu $600 \text{ ziaren} \cdot \text{m}^{-2}$ (orkisz STH 8), $300 \text{ ziaren} \cdot \text{m}^{-2}$ (orkisz STH 4809). W przypadku pszenicy odmiany Sukces gęstość siewu nie miała wpływu na tę cechę (rys. 29).

Opóźnienie terminu siewu spowodowało istotny statystycznie wzrost zawartości γ -gliadyn u odmiany STH 8 i Sukces (rys. 30). Wraz ze wzrostem gęstości siewu wzrastała zawartość γ -gliadyn u odmiany STH 8, natomiast u odmiany STH 4809 zmniejszenie (rys. 31).

Opóźnienie terminu siewu spowodowało istotny statystycznie wzrost zawartości glutenin u pszenic orkiszowych (rys. 32). Wraz ze wzrostem gęstości siewu zmniejszała się

zawartość glutenin u odmiany orkisz STH 4809. Odmiana orkisz STH 8 osiągnęła najwyższe wartości z prób ziarna pochodzących z obiektu gdzie zastosowano gęstość siewu w ilości 450 ziaren·m⁻², natomiast Sukces przy gęstości najwyższej 600 ziaren·m⁻² (rys. 33).

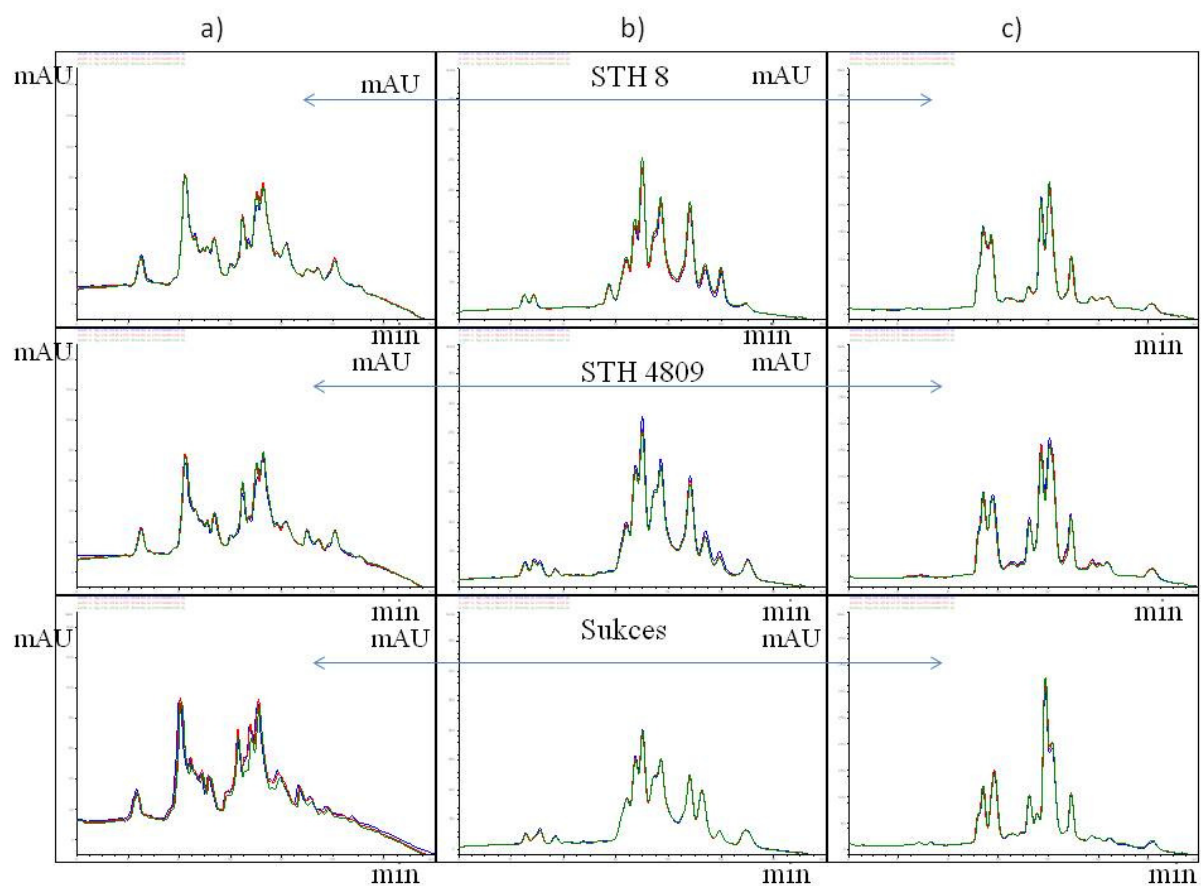
Opóźnienie terminu siewu spowodowało istotny statystycznie wzrost zawartości podjednostek HMW (rys. 34). Zaobserwowano istotnie wyższą zawartość tej frakcji białek w ziarnie pszenicy orkiszowej pochodzącym z obiektu gdzie zastosowano gęstość wysiewu 300 ziaren·m⁻² (STH 8, STH 4809) w porównaniu do gęstości siewu 450 i 600 ziaren·m⁻² oraz z obiektu z gęstością siewu 600 ziaren·m⁻² w przypadku pszenicy Sukces (rys. 35).

Opóźnienie terminu siewu spowodowało istotny statystycznie wzrost zawartości LMW u odmiany STH 4809 (rys. 36). Zaobserwowano istotnie najniższą zawartość tej frakcji białek w ziarnie pszenicy pochodzącym z obiektu gdzie zastosowano gęstość wysiewu 600 ziaren·m⁻² w przypadku obu odmian orkiszu i 300 ziaren·m⁻² w przypadku pszenicy Sukces (rys. 37).

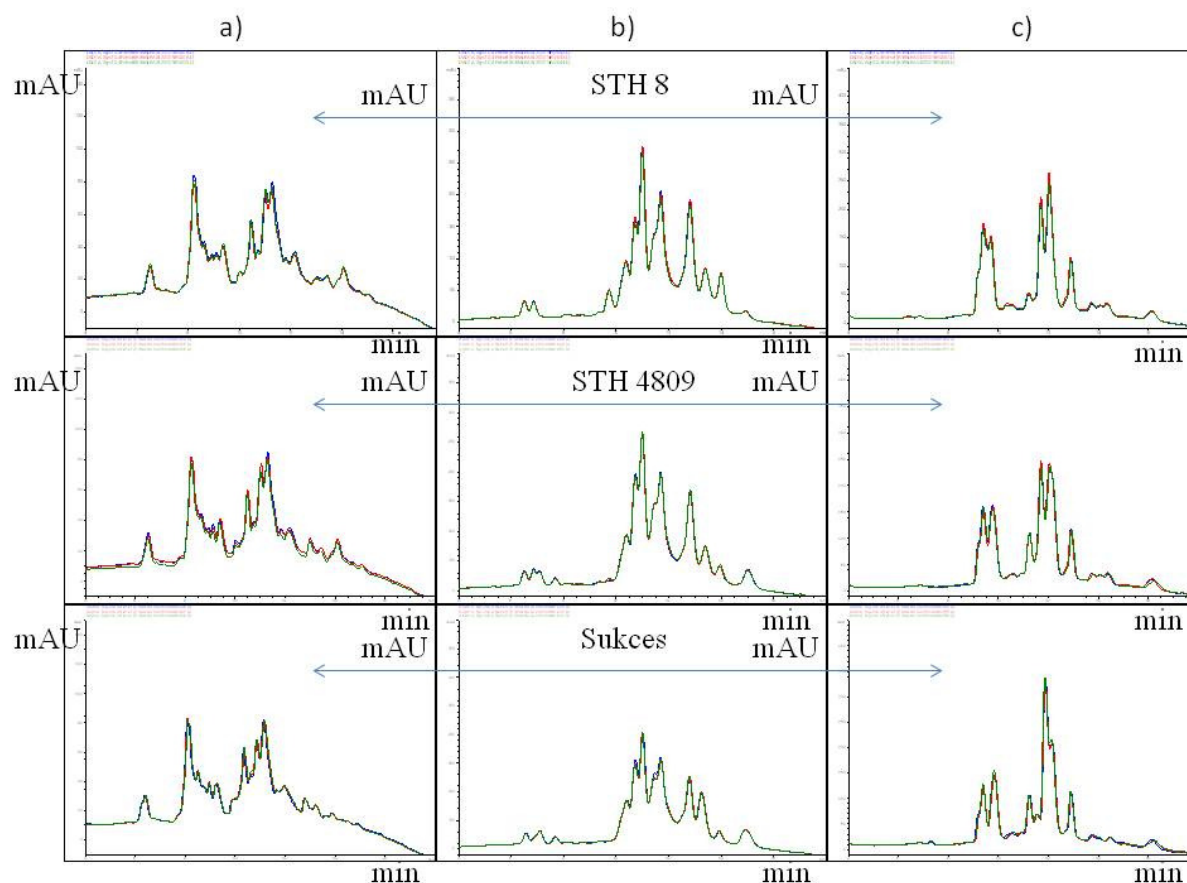
Tabela 28. Skład białka ziarnika pszenicy ozimej

Czynniki		Białko (mAU)	A+B	Gliadyny				Gluteniny		
				ω	α/β	γ	suma	HMW	LMW	suma
Termin siewu	optimalny	64600a ± 3083,1	15354a ± 855,6	3334b ± 264,8	16960a ± 1440,1	8715a ± 848,0	29009a ± 2151,9	5989a ± 560,1	14248a ± 1339,7	20238a ± 1788,3
	opóźniony	66755b ± 3319,2	15505b ± 595,5	3240a ± 566,4	17471b ± 1381,2	8881b ± 833,0	29592b ± 1978,5	6300b ± 614,1	15358b ± 1858,6	21657b ± 2344,9
	NIR $\alpha=0,05$	195,049	79,895	35,260	19,444	22,954	44,767	22,183	15,313	32,832
Gęstość siewu	300	65776b ± 3922,2	15539b ± 632,3	3196a ± 518,7	17175a ± 1529,5	8733a ± 889,2	29105a ± 2099,9	6243b ± 706,9	14890b ± 2007,1	21132c ± 2606,9
	450	65407a ± 3752,3	15243a ± 675,1	3241b ± 513,9	17132a ± 1421,1	8790b ± 808,0	29163a ± 2044,9	6106a ± 614,6	14895b ± 1741,5	21001b ± 2238,2
	600	65844b ± 2433,5	15505b ± 886,0	3425c ± 214,9	17338b ± 1407,6	8870c ± 867,5	29633b ± 2170,2	6083a ± 502,0	14623a ± 1416,6	20708a ± 1783,0
	NIR $\alpha=0,05$	407,78	193,393	37,601	60,135	48,035	98,568	37,683	30,933	50,101
Odmiana	STH 8	64502b ± 1164,9	15162b ± 827,7	2847a ± 117,9	17714b ± 251,4	9568c ± 137,8	30129b ± 319,7	6047b ± 152,1	13164a ± 391,7	19213a ± 527,4
	STH 4809	69783c ± 1481,0	14967a ± 153,2	3569c ± 435,0	18532c ± 716,9	9046b ± 473,6	31147c ± 1007,8	6864c ± 252,0	16805c ± 540,4	23669c ± 780,9
	Sukces	62742a 1635,9	16159c ± 311,6	3445b ± 288,0	15400a ± 193,8	7779a ± 340,2	26625a ± 293,8	5521a ± 246,0	14438b ± 1108,3	19959b ± 1332,2
	NIR $\alpha=0,05$	434,414	168,19	62,933	65,19	48,035	97,814	23,800	66,266	82,721

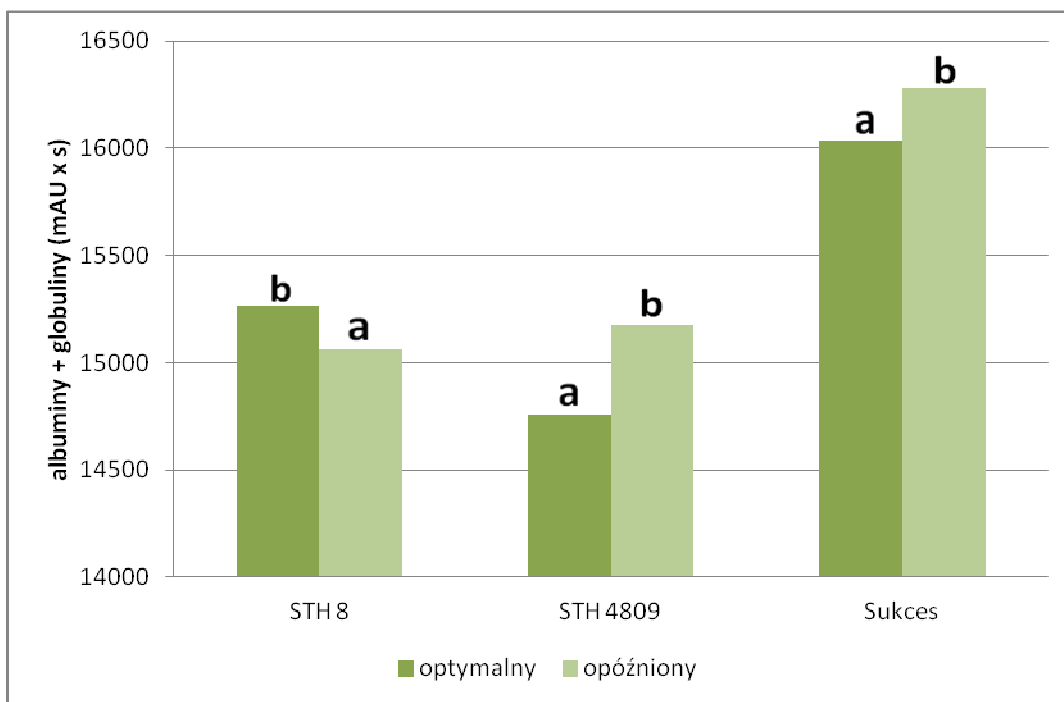
A+B - albuminy i globuliny; ± - odchylenie standardowe



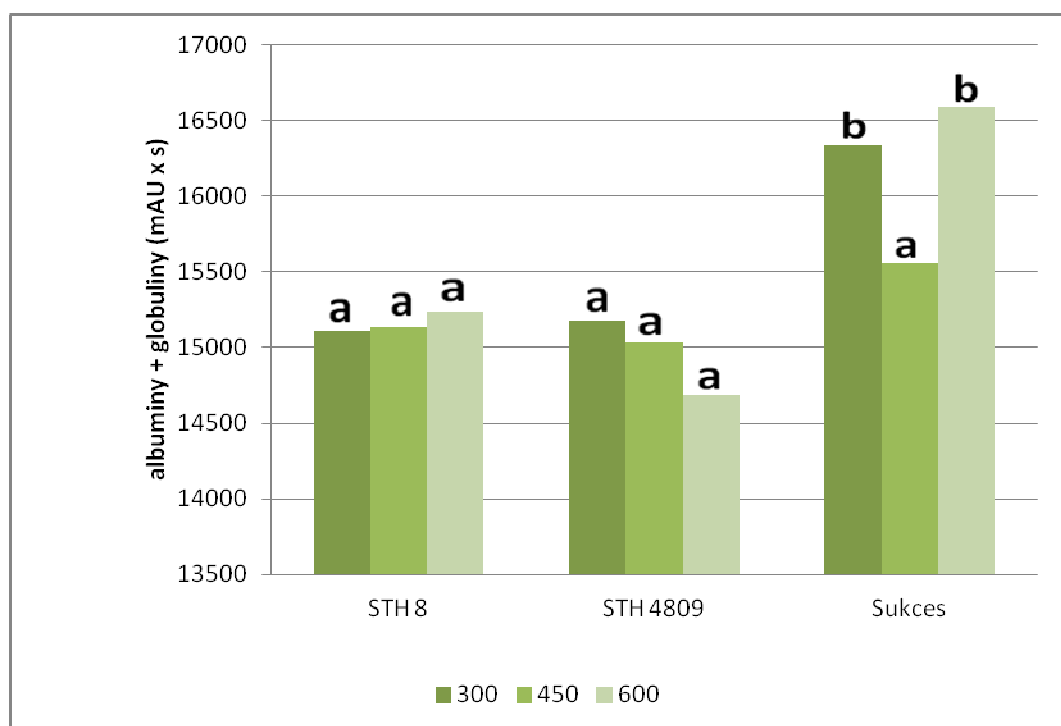
Rysunek 20. Chromatogramy RP-HPLC albumin i globulin (a), gliadyn (b) i glutenin (c) ziarniaków pszenicy ozimej odmiany STH 3, STH 4809 i Sukces w I terminie siewu (niebieska linia – 300 ziaren·m⁻², czerwona linia - 450 ziaren·m⁻², zielona linia - 600 ziaren·m⁻²).



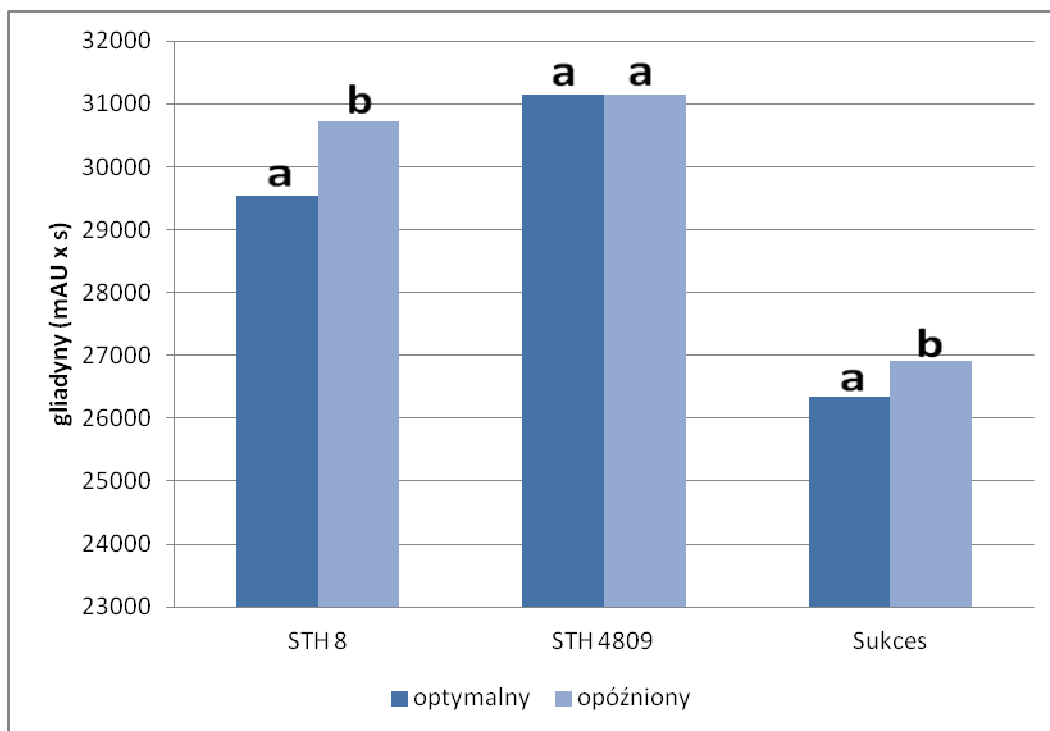
Rysunek 21. Chromatogramy RP-HPLC albumin i globulin (a), gliadyn (b) i glutenin (c) ziarniaków pszenicy ozimej odmiany STH 3, STH 4809 i Sukces w II terminie siewu (niebieska linia – 300 ziaren·m⁻², czerwona linia - 450 ziaren·m⁻², zielona linia - 600 ziaren·m⁻²).



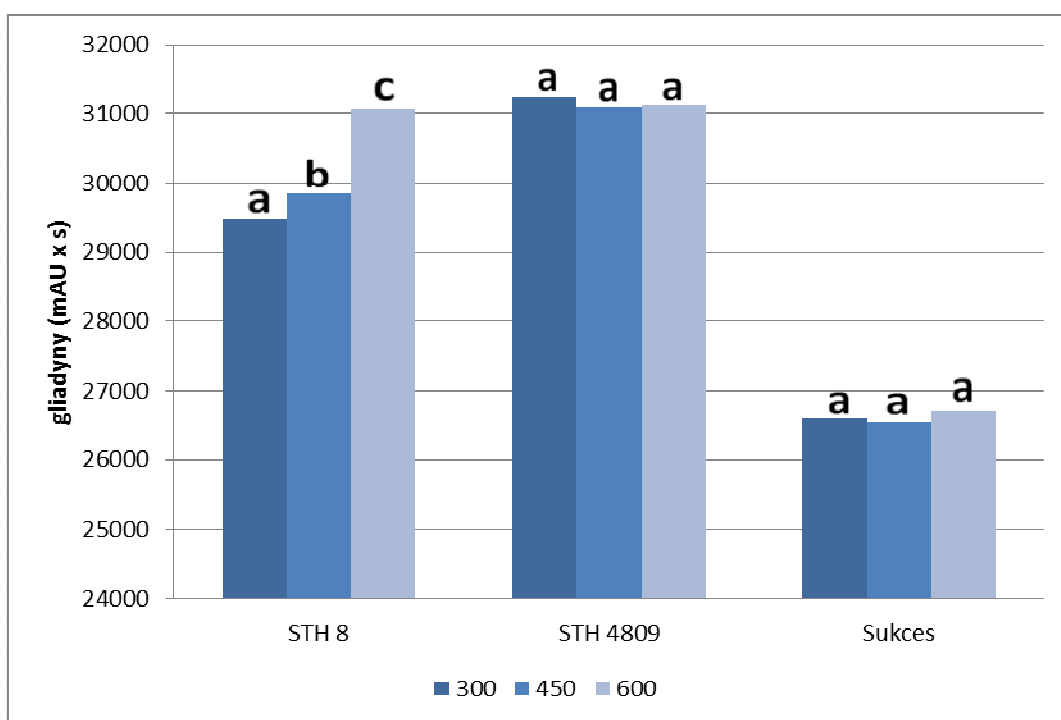
Rysunek 22. Interakcja terminu siewu i odmiany w kształtowaniu zawartości albumin i globulin (2009).



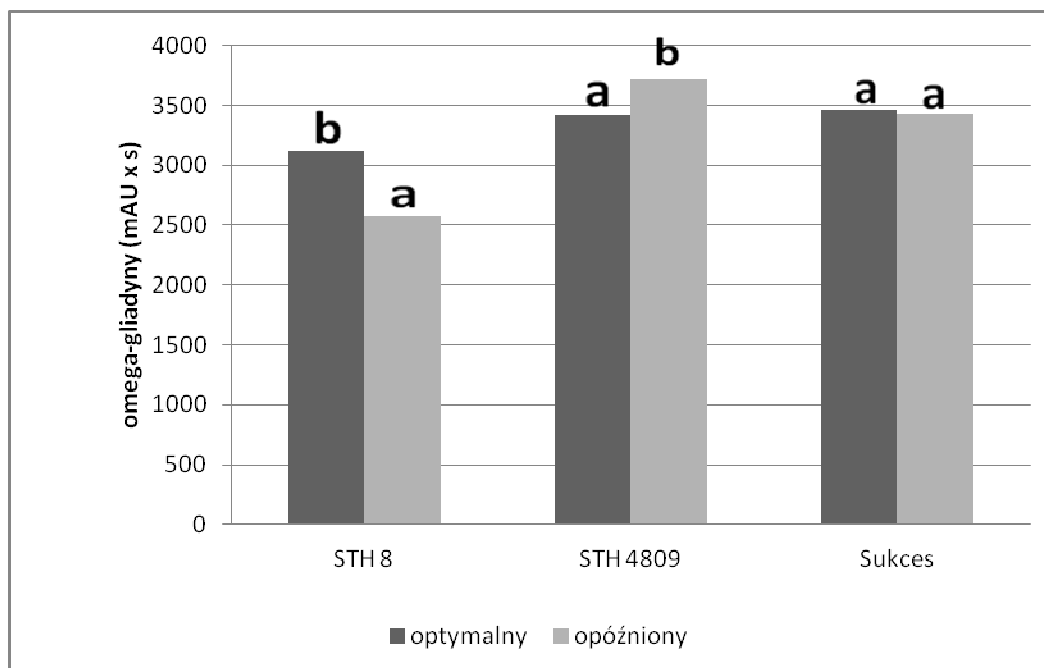
Rysunek 23. Interakcja gęstości siewu i odmiany w kształtowaniu zawartości albumin i globulin (2009).



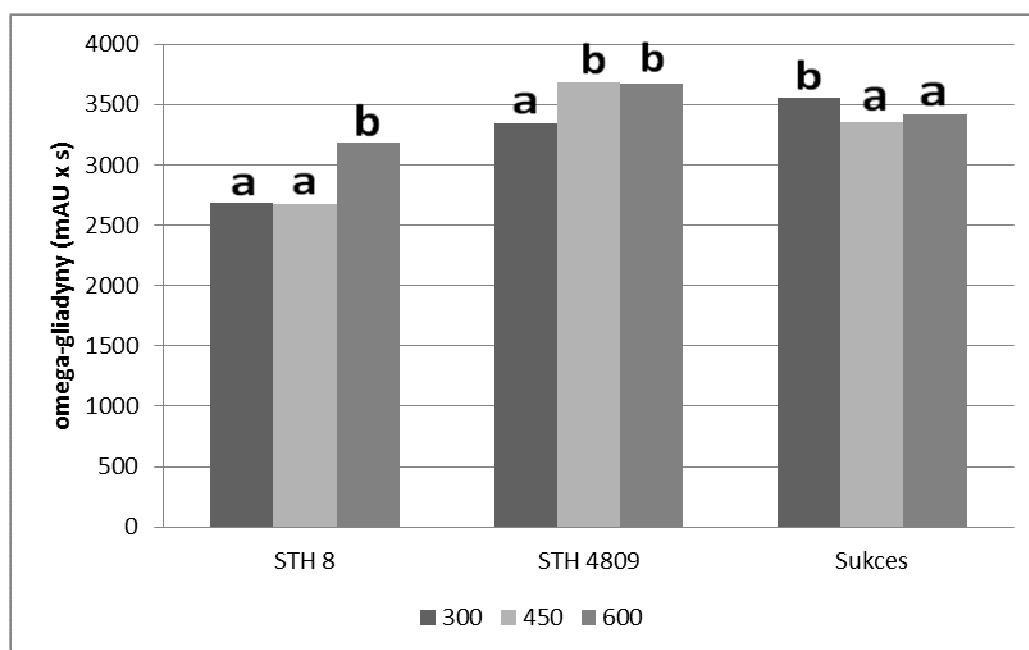
Rysunek 24. Interakcja terminu siewu i odmiany w kształtowaniu zawartości gliadyn (2009).



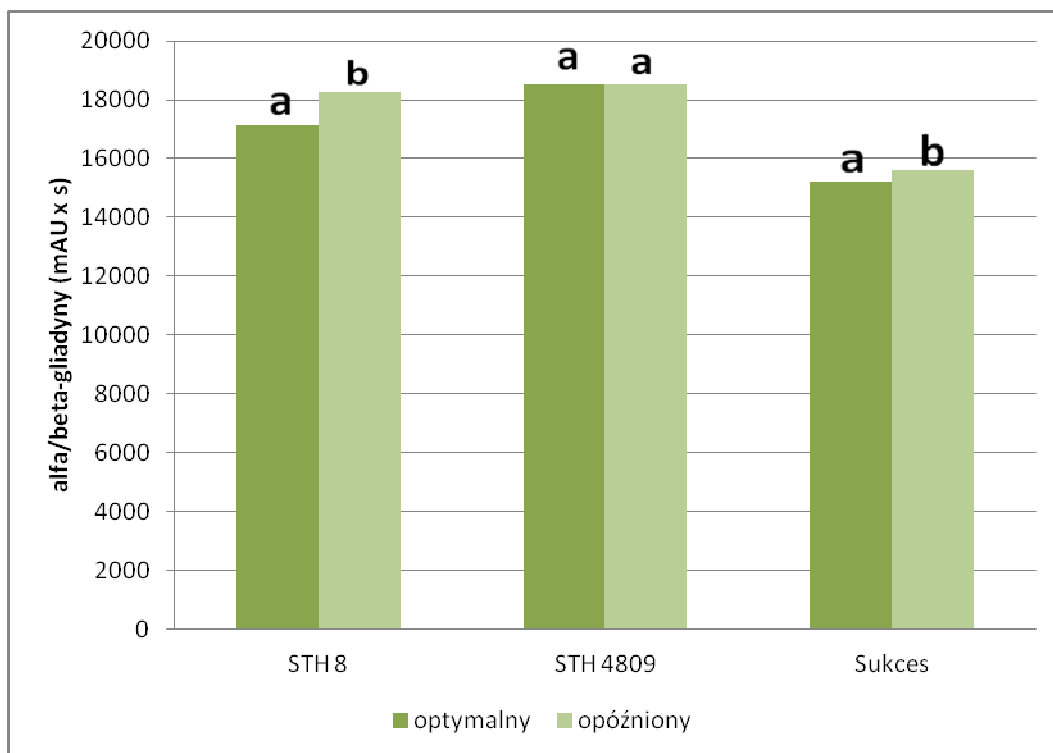
Rysunek 25. Interakcja gęstości siewu i odmiany w kształtowaniu zawartości gliadyn (2009).



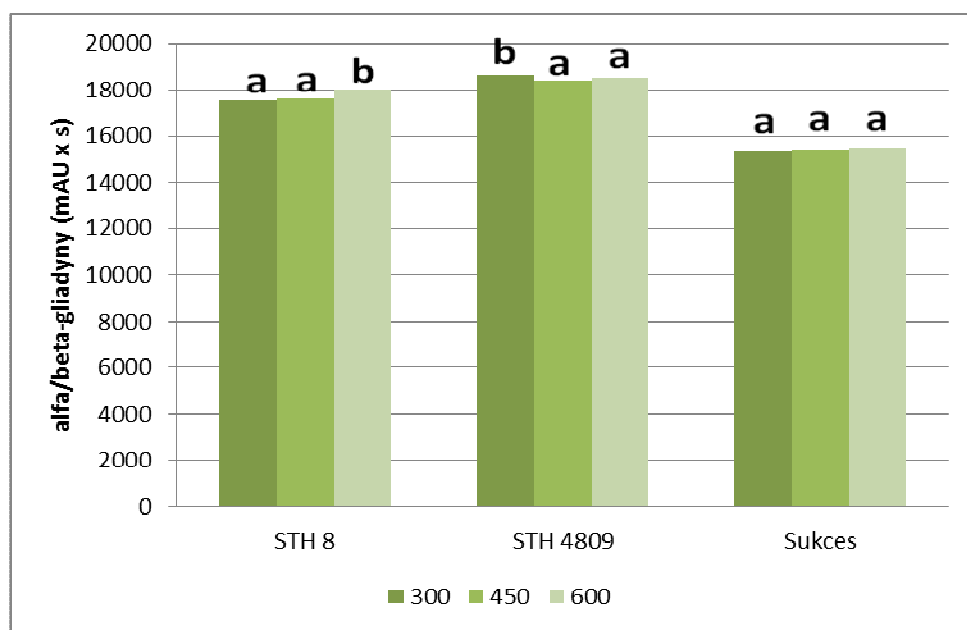
Rysunek 26. Interakcja terminu siewu i odmiany w kształtowaniu zawartości ω -gliadyn (2009).



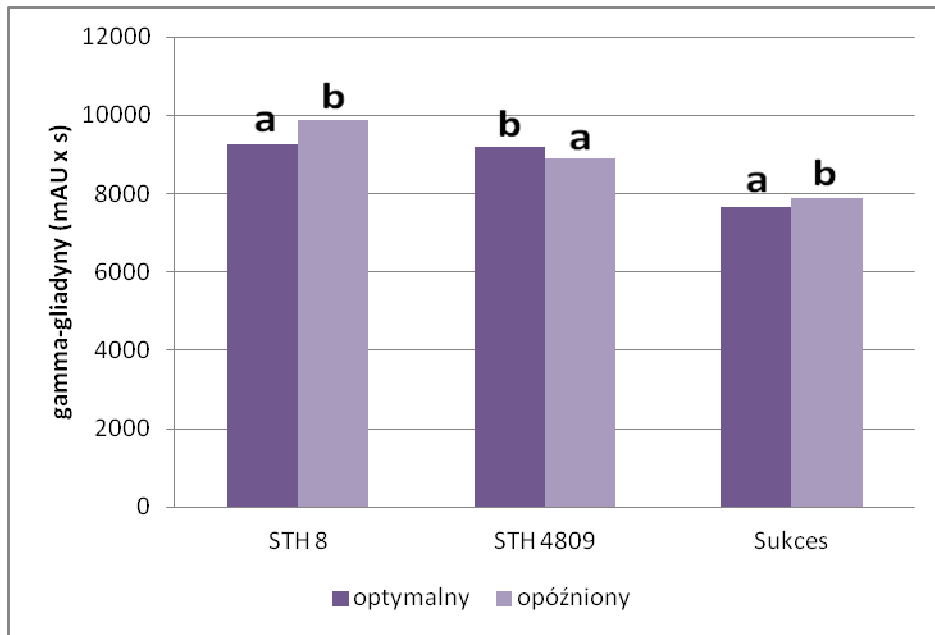
Rysunek 27. Interakcja gęstości siewu i odmiany w kształtowaniu zawartości ω -gliadyn (2009).



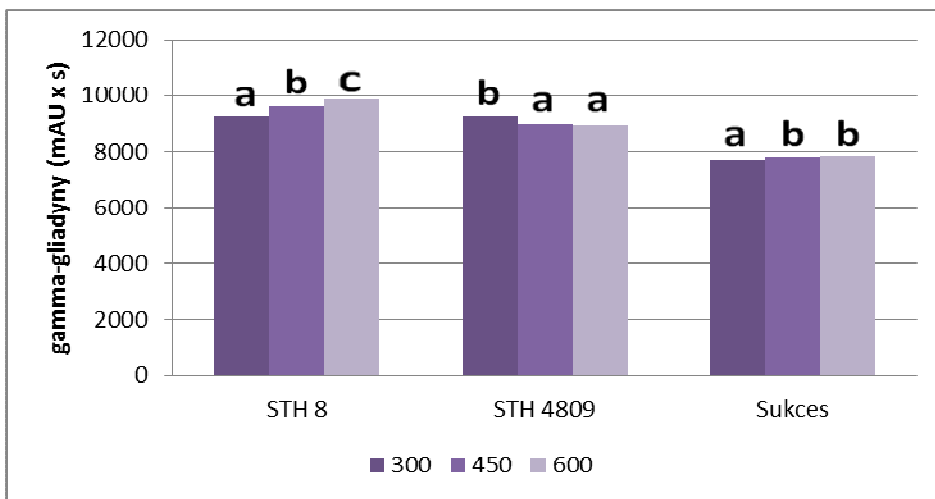
Rysunek 28. Interakcja terminu siewu i odmiany w kształtowaniu zawartości α/β -gliadyn (2009).



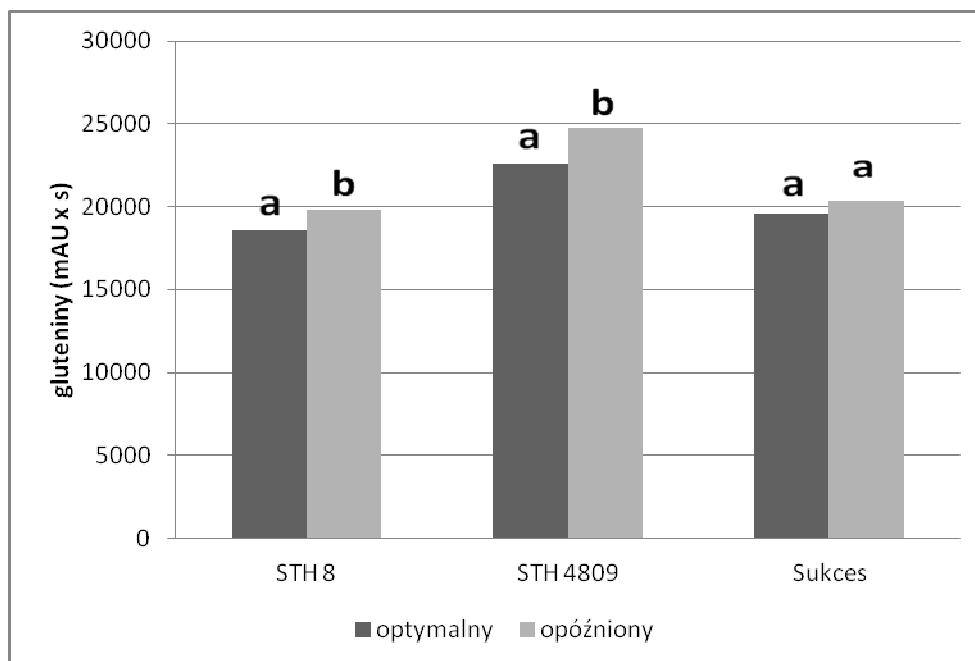
Rysunek 29. Interakcja gęstości siewu i odmiany w kształtowaniu zawartości α/β -gliadyn (2009).



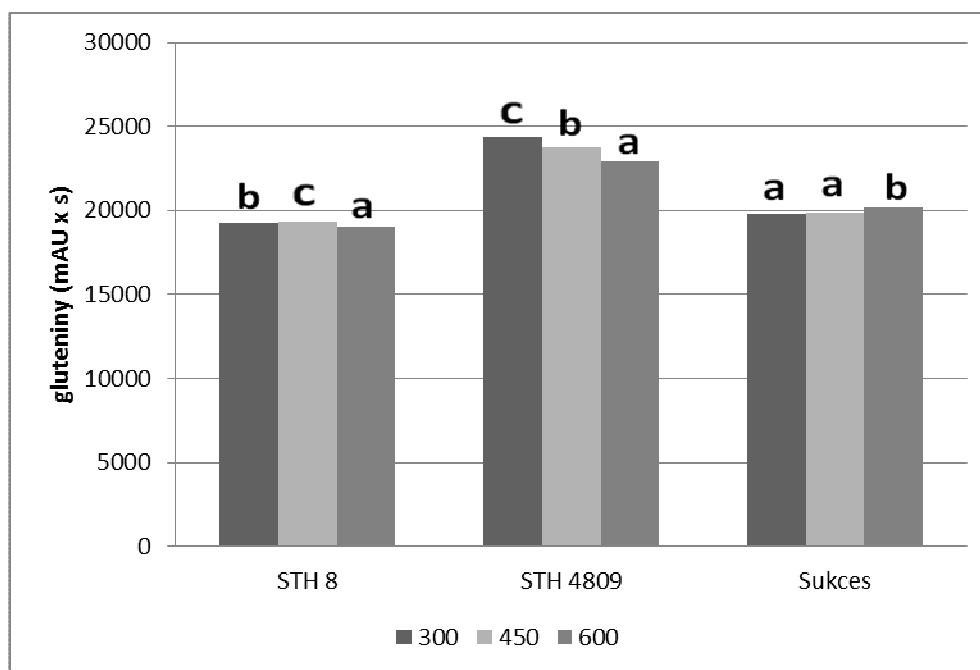
Rysunek 30. Interakcja terminu siewu i odmiany w kształtowaniu zawartości γ -gliadyn (2009).



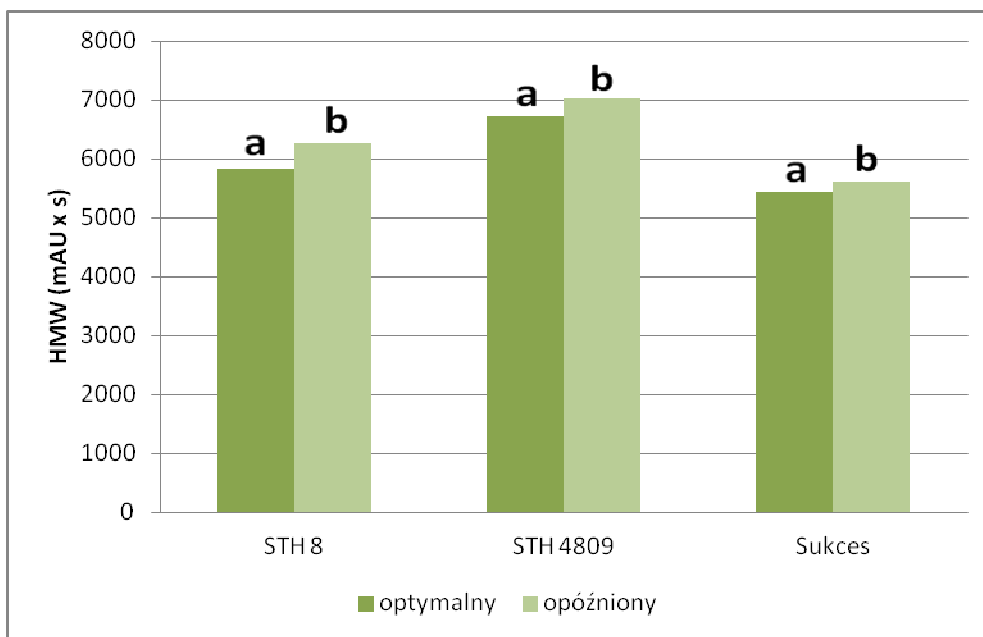
Rysunek 31. Interakcja gęstości siewu i odmiany w kształtowaniu zawartości γ -gliadyn (2009).



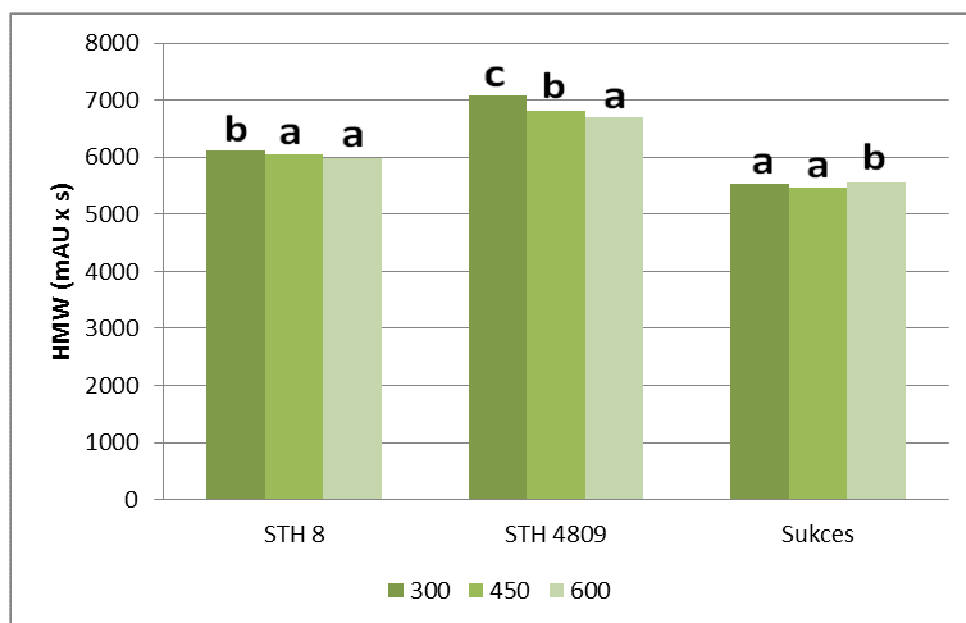
Rysunek 32. Interakcja terminu siewu i odmiany w kształtowaniu zawartości glutenin (2009).



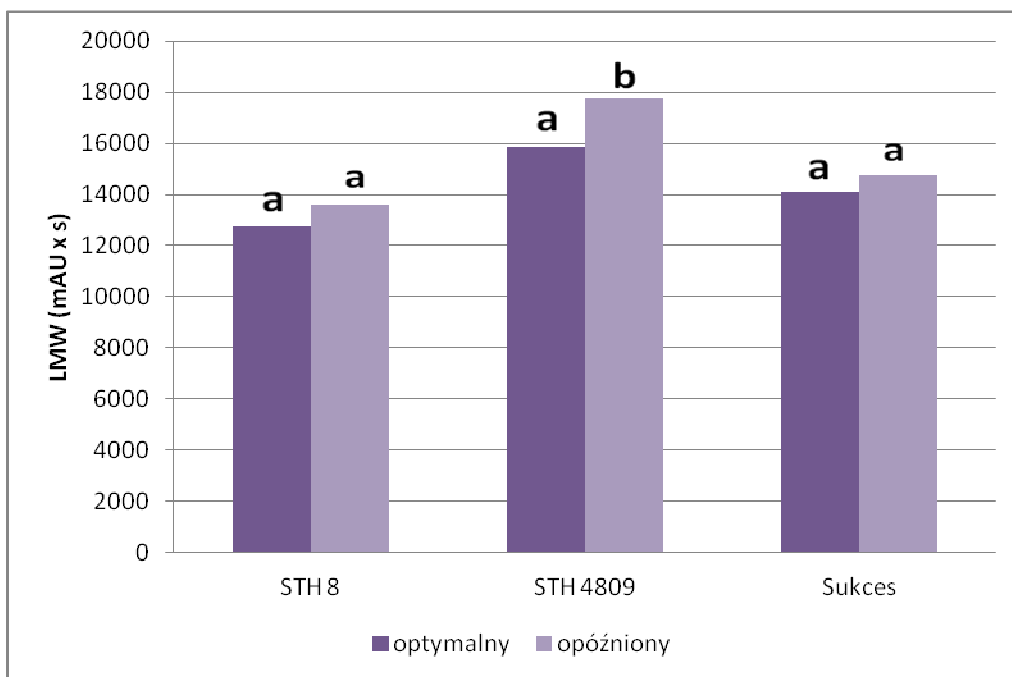
Rysunek 33. Interakcja gęstości siewu i odmiany w kształtowaniu zawartości glutenin (2009).



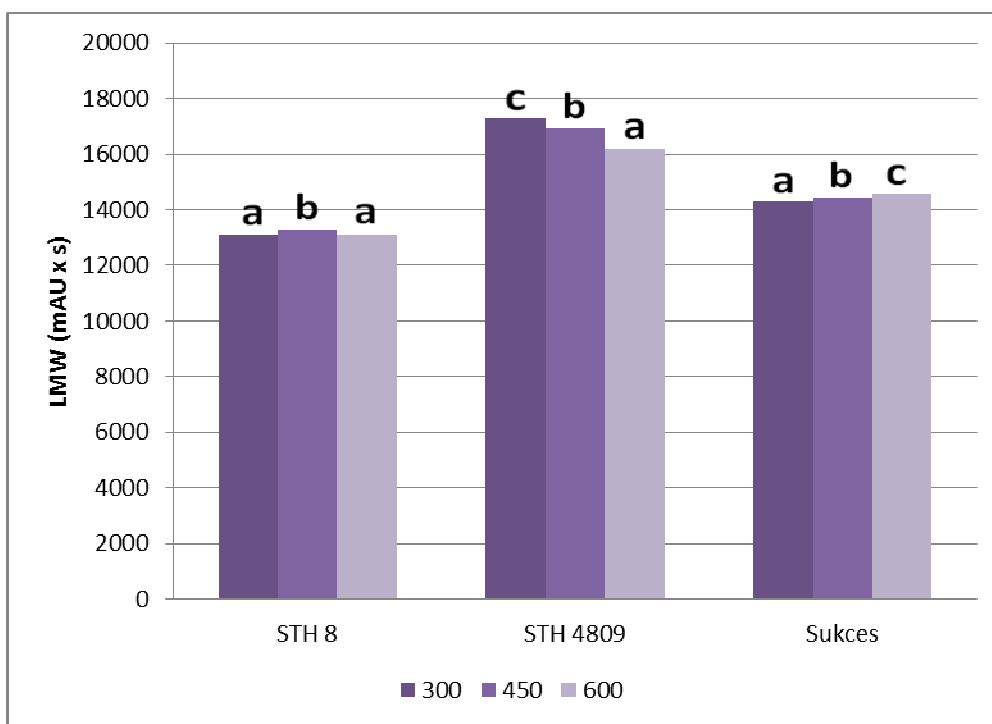
Rysunek 34. Interakcja terminu siewu i odmiany w kształtowaniu zawartości podjednostek HMW (2009).



Rysunek 35. Interakcja gęstości siewu i odmiany w kształtowaniu zawartości podjednostek HMW (2009).



Rysunek 36. Interakcja terminu siewu i odmiany w kształtowaniu zawartości podjednostek LMW (2009).



Rysunek 37. Interakcja gęstości siewu i odmiany w kształtowaniu zawartości podjednostek LMW (2009).

5.2.7. Zawartość mikotoksyn fuzaryjnych

Nie stwierdzono współdziałania między badanymi czynnikami a zawartością mikotoksyn fuzaryjnych: deoksyniwalenolu, T-2/HT-2 toksyny i zearalenonu w ziarnie badanych pszenic orkiszowych odmian STH 8, STH 4809 oraz pszenicy zwyczajnej odmiany Sukces. Zawartość mikotoksyn w ziarnie nie przekroczyła najwyższego dopuszczalnego poziomu (tab. 29-31). Nieco większe zawartości T-2/HT-2 toksyny i zearalenonu stwierdzono w 2009 roku na obiektach, na których zastosowano największą gęstość wysiewu – 600 ziaren·m⁻² (tab. 30 i 31).

Tabela 29. Zawartość mikotoksyny DON (ppb) w próbach z doświadczenia mikroplotkowego w latach 2009-2010.

Mikotoksyna /najwyższy dopuszczalny poziom	Termin siewu (A)	Lata badań		Granica wykrywalności (µg/kg lub ppb)
		2009	2010	
DON 1750 µg/kg	I	20	60	250-2000
	II	20	80	
	NIR	r.n.	r.n.	
	Gęstość siewu (B)			
	300	30	70	
	450	20	50	
	600	20	80	
	NIR	r.n.	r.n.	
	Odmiana (C)			
	STH 8	50	70	
	STH 4809	20	50	
	Sukces	0	80	
	NIR	r.n.	r.n.	
	Współdziałanie			
	AB	brak	brak	
	AC	brak	brak	
	BC	brak	brak	

Tabela 30. Zawartość mikotoksyny T-2/HT-2 (ppb) w próbach z doświadczenia mikropoletkowego w latach 2009-2010.

Mikotoksyna /najwyższy dopuszczalny poziom	Termin siewu (A)	Lata badań		Granica wykrywalności (µg/kg lub ppb)
		2009	2010	
T-2/HT-2 -	I	0,63	0,30	25-250
	II	3,04	0,00	
	NIR	r.n.	r.n.	
	Gęstość siewu (B)			
	300	0,60	0,42	
	450	0,80	0,03	
	600	4,09	0,00	
	NIR	r.n.	r.n.	
	Odmiana (C)			
	STH 8	0,00	0,00	
	STH 4809	0,17	0,45	
	Sukces	5,35	0,00	
	NIR	r.n.	r.n.	
	Współdziałanie			
	AB	brak	brak	
	AC	brak	brak	
	BC	brak	brak	

Tabela 31. Zawartość mikotoksyny ZEA (ppb) w próbach z doświadczenia mikropoletkowego w latach 2009-2010.

Mikotoksyna /najwyższy dopuszczalny poziom	Termin siewu (A)	Lata badań		Granica wykrywalności (µg/kg lub ppb)
		2009	2010	
ZEA 100 µg/kg	I	1,07	0,19	25-250
	II	3,30	0,51	
	NIR	r.n.	r.n.	
	Gęstość siewu (B)			
	300	1,00	0,18	
	450	1,00	0,47	
	600	4,55	0,40	
	NIR	r.n.	r.n.	
	Odmiana (C)			
	STH 8	1,23	0,00	
	STH 4809	4,85	0,08	
	Sukces	0,47	0,97	
	NIR	r.n.	r.n.	
	Współdziałanie			
	AB	brak	brak	
	AC	brak	brak	
	BC	brak	brak	

6. DYSKUSJA

Przegląd piśmiennictwa oraz przedstawione badania wskazują, że istnieją duże możliwości kształtowania wielkości poziomu plonowania i cech decydujących o wykorzystaniu ziarna orkisz w przemyśle spożywczym poprzez czynniki agrotechniczne. Badania wykazały również różnice w reakcji odmian pszenicy orkiszowej i zwyczajnej na czynniki modyfikujące ich wzrost i rozwój oraz wartość technologiczną. Na podstawie przedstawionych badań można wstępnie oszacować poziom środków produkcji w celu uzyskania wysokiego poziomu plonowania i wysokiej jakości ziarna nowej polskiej odmiany STH 4809.

Hipotezę badawczą realizowano prowadząc doświadczenie polowe i mikropolekowe oraz oznaczenia laboratoryjne. Uwzględniono w nich podstawowe czynniki agrotechniczne: odmianę, termin siewu, gęstość siewu oraz nawożenie azotem czynniki, które według literatury w największym stopniu wpływają na wzrost, plonowanie i wartość technologiczną [Rüegger i Winzeler 1993; Castagna i in. 1996; Wróbel i Szempliński, 1999; Podolska i Sułek, 2002; Podolska, 2003; Sulewska i in., 2008; Budzyński i Bielski, 2008; Budzyński i in., 2008; Dubis i Borysiewicz, 2008].

Wpływ gęstości siewu na plonowanie i cechy struktury plonu określano zarówno w doświadczeniu polowym jak i mikropoletkowym. W doświadczeniu polowym uwzględniono trzy gęstości wysiewu 400, 500 i 600 ziaren·m⁻², a w doświadczeniu mikropoletkowym 300, 450 i 600 ziaren·m⁻². Przedstawione wyniki wykazały, że uwzględnione w badaniach polowych gęstości siewu nie miały istotnego wpływu na poziom plonów pszenicy orkiszowej STH 4809, zaznaczyła się jedynie tendencja wyższego plonowania przy większej gęstości siewu. Zwiększając ilość wysiewu z 400 do 600 ziarniaków na m² uzyskano jedynie 3 - 4% wzrost plonu ziarna. Podobny wzrost poziomu plonowania od 0,9 do 3% stwierdzono w badaniach mikropoletkowych stosując wysiew w ilości od 450 do 600 ziarniaków na m². Zwiększenie gęstości siewu z 300 do 450 ziaren·m⁻² spowodowało już większą różnicę w poziomie plonowania, wynosiła ona od 9 do 19 %. Powyższe wyniki wskazują, że polskie odmiany pszenicy orkisz wymagają stosowania średniej gęstości siewu, zatem można wnioskować, że nie mają dużych wymagań świetlnych. Podobne wyniki uzyskał Bepirszcz i Budzyński [2011a], wykazując brak istotnego wpływu gęstości siewu w zakresie 350-550 ziaren·m⁻²

², na plon orkiszu odmiany Schwabenkorn. Troccoli i Codianni [2005] udowodnili, zwiększenie plonu ziarna pszenicy *spelta* wraz ze wzrostem gęstości siewu ze 100 do 200 ziarniaków na m². Otrzymana pozytywna reakcja na gęstość siewu najprawdopodobniej związana była z innym poziomem tego czynnika doświadczenia.

Zwiększenie ilości wysiewu jest podstawowym czynnikiem wzrostu liczby roślin i kłosów na jednostce powierzchni [Ruszkowski, 1988; Podolska, 1999; Ciha, 1983; Tompinks i in., 1991; Shah i in., 1994; Donaldson i in., 2001; Troccoli and Codianni, 2005]. Powyższa literatura podaje, że równoległe ze wzrostem liczby roślin i kłosów na jednostce powierzchni zaczyna się wyraźnie ujawniać zmniejszanie liczby ziaren w kłosie oraz masy ziarniaka. Ogranicza to coraz bardziej przyrosty plonu spowodowane zwiększaniem obsady kłosów do tego stopnia, że w pewnym momencie plon ziarna z jednostki powierzchni nie zmienia się, a przy dalszym zwiększaniu liczby kłosów ulega zmniejszeniu. Przeprowadzone badania mikroplotkowe potwierdziły w całości tę prawidłowość. Stosowanie dużych obsad roślin (600 ziaren·m⁻²) spowodowało istotny wzrost liczby kłosów na powierzchni, ale bardzo duża obsada kłosów nie była związana z istotnym wzrostem plonu, ponieważ w tych warunkach znacznie zmniejszyła się zarówno liczba ziaren w kłosie, plon ziarna z kłosa jak też ich wykształcenie. W przedstawionych badaniach stwierdzono również, że wraz ze zwiększeniem ilości wysiewu spadała liczba ziaren w kłosie. U pszenicy orkiszowej STH 4809 przy wzroście ilości wysiewu z 400 do 500 ziaren·m⁻² spadek liczby ziaren z kłosa wynosił 2,1 szt., z 400 do 600 ziaren·m⁻² - 2,2 szt., a z 400 do 600 ziaren·m⁻² - 4,3 szt.

Wzrost ilości wysiewu z 400 do 500 ziaren·m⁻² oraz 500 do 600 ziaren·m⁻² prowadził do spadku masy tysiąca ziaren odpowiednio o 0,3 g i 0,9 g. Prawidłowość tę potwierdzają między innymi badania Sulewskiej i in. [2008a], w których udowodniono, że wraz ze zwiększeniem ilości wysiewu spada liczba ziaren w kłosie u dwóch badanych odmian pszenicy orkisz. Największy spadek o 3,6 szt. odnotowano u odmiany Schwabenkorn przy wzroście ilości wysiewu z 200 do 300 kg kłosków na m², z kolei u odmiany Bauländer spadek był nieistotny i wynosił 0,5 sztuk.

Sulewska i in. [2008] udowodnili spadek MTZ wraz ze wzrostem ilości wysiewu. Wzrost ilości wysiewu z 200 do 400 kg kłosków na m² prowadził do spadku masy tysiąca ziaren, odpowiednio o 1,3 g u odmiany Bauländer oraz o 2,1 g odmiany Schwabenkorn.

Wyniki prezentowanych badań z doświadczenia polowego wskazują natomiast, że jedynie w pierwszym roku badań zwiększenie gęstości wysiewu różnicowało istotnie liczbę kłosów na jednostce powierzchni, a w pozostałych latach i średnio w trzyleciu zaznaczyła się jedynie tendencja zwiększenia tego parametru wraz ze zwiększeniem gęstości wysiewu. Nieco inne wyniki otrzymali Sulewska i in. [2008] udowodniając, że zwiększenie gęstości siewu prowadziło do istotnego wzrostu liczby kłosów na jednostce powierzchni. Najkorzystniejszym dla dwóch odmian orkiszu Bauländer i Schwabenkorn okazał się wysiew 400 kg kłosek·ha⁻¹ w porównaniu do 200 i 300 kg kłosek·ha⁻¹. Nieco odmienna reakcja pszenicy orkiszowej na gęstość siewu otrzymana w doświadczeniu polowym i mikropoletkowym świadczy o interakcji ilości wysiewu z czynnikami środowiska (gleba, pogoda), agrotechnicznymi w kształtowaniu wielkości plonu i cech jego struktury, wykazuje ponadto, że kształtowanie się poziomu plonowania pszenicy związane jest nie tylko z oddziaływaniem konkurencyjnym roślin na siebie [Ruszkowski, 1988], ale również ze zmianą warunków świetlnych, żywieniowych i innych.

Jednym z istotnych czynników plonotwórczych jest termin siewu, ponieważ bezpośrednio oddziałuje na wzrost i rozwój. Termin siewu różnicował przebieg faz rozwojowych. Okres od fazy wschodów do fazy krzewienia ulegały wydłużeniu, a od fazy krzewienia do fazy strzelania w źdźbło skróceniu. W miarę opóźnienia terminu siewu następowało skrócenie całego okresu wegetacji. Wyniki te są zbieżne z wynikami w licznych wcześniejszych badaniach nad terminem siewu pszenicy ozimej [Podolska, 1999, Podolska i Wzyńska, 2011]

Literatura dotycząca wpływu terminu siewu na wielkość plonu i cechy struktury plonu roślin zbożowych w tym pszenicy ozimej jest bardzo bogata. Autorzy są zgodni, że opóźnienie siewu prowadzi do spadku plonu głównie wskutek zmniejszenia liczby kłosów, rozkrzewienia produkcyjnego, plonu ziarna z rośliny oraz liczby ziaren z rośliny i z kłosa [Ciha, 1983; Podolska i Mazurek, 1999; Pałys i Kuraszkiewicz, 2003; Sulewska i in., 2008; Bepirszcz i Budzyński, 2011a, Podolska i Wzyńska, 2011].

Dostępna literatura wskazuje ponadto, że genotypy różnie reagują na termin siewu, są odmiany reagujące zmniejszeniem poziomu plonowania wraz z każdym opóźnieniem siewu, ale też i takie, które plonują podobnie gdy wysiane są w terminie optymalnym i opóźnionym o dwa tygodnie. Stawiając zatem hipotezę badawczą założyłam, że pszenica orkiszowa reaguje na opóźnienie siewu podobnie jak pszenica zwyczajna. Na podstawie prezentowanych w niniejszej pracy wyników badań można

zauważyć, że hipoteza została potwierdzona. W doświadczeniu mikropoletkowym stwierdzono, podobną reakcję pszenic orkiszowych STH 8 i STH 4809 i pszenicy zwyczajnej Sukces na opóźnienie siewu o dwa tygodnie w odniesieniu do siewu w terminie optymalnym. Późniejszy siew nie wpłynął istotnie na plon ziarna w roku 2008, 2009 i średnio w trzyleciu, natomiast istotnie obniżał plon w roku 2010 (13%). Opóźnienie siewu nie miało wpływu na: liczbę roślin na jednostce powierzchni, liczbę ziaren z rośliny i z kłosa oraz MTZ. Powodowało zmniejszenie liczby kłosów na jednostce powierzchni i rozkrzewienia produkcyjnego, ale wzrost plonu ziarna z kłosa. Do podobnych wniosków doszła Sulewska i in. [2008] stwierdzając, że ozime formy pszenicy orkiszowej reagują na opóźnienie terminu siewu podobnie jak pszenica zwyczajna. Wysiew odmiany Schwabenkorn w III dekadzie października powodował w stosunku do siewu w I dekadzie października obniżkę plonu o $6,4 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ tj. 21%. Autorzy stwierdzili, że opóźnienie terminu siewu powoduje istotne ograniczenie liczby źdźbeł wytwarzanych przez rośliny. Tendencję zmniejszenia plonu ziarna wraz z opóźnieniem siewu (20 września do 10 października) wykazał Bepirszcz i Budzyński [2011a], obniżka plonu wynosiła jedynie 3%. Według badań Szumiły i Rachonia [2008] opóźnienie terminu siewu o dwa tygodnie ograniczyło plonowanie pszenicy orkisz średnio o 17,3%. Wynikało to głównie z istotnego spadku liczby kłosów pszenicy wysiewnej w terminie opóźnionym. Z dostępnej literatury i badań własnych wynika, że rekomendowany w szerokiej praktyce termin siewu [Sulewska i Koziara, 2011] od połowy września do początku listopada jest nieodpowiedni dla pszenicy orkiszowej uprawianej w warunkach Polski.

Nawożenie azotem jako czynnik plonotwórczy pszenicy orkiszowej jest bardzo nielicznie dyskutowany w literaturze [Rüegger i Winzeler, 1993; Castagna i in., 1999; Sulewska, 2004; Kohajdova i Karovicova, 2008; Biel i in., 2010]. Przynajmniej dlatego, że uprawiany jest on w gospodarstwach ekologicznych. Jednak dostępna literatura wskazuje, że reaguje on pozytywnie na dawkę azotu, a na zachodzie Europy uprawiany jest również w rolnictwie integrowanym [Castagna i in., 1996; Rüegger i Winzeler, 1993; Lacko-Bartosova i Otepka, 2001; Sulewska, 2004; Sulewska i in., 2008a].

Dawka azotu w sposób istotny różnicowała plon ziarna pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.) odmiany STH 4809. Wraz z jej wzrostem wzrastał plon ziarna. We wszystkich latach badań najwyższy plon stwierdzono po zastosowaniu $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Różnica w poziomie plonowania pomiędzy obiektem z największą

ilością azotu, a obiektem kontrolnym (bez zastosowanego nawożenia azotem) średnio w latach wynosiła $1.8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ i wahała się od $1,6$ (2007, 2009) do $2,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (2008r.). Średni wzrost plonu wynosił 28%. Udowodnioną statystycznie wyższą plonu stwierdzono jednak do zastosowania $80 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, co wskazuje, że wymagania co do ilości azotu są na średnim poziomie i z powodzeniem można odmianę tę polecić do uprawy w integrowanym systemie. Podobne wyniki otrzymał Bepirszcz i Budzyński [2011], Podolska i Mikos [2010], Podolska [2011]. Wynik ten powtarzany w latach świadczy o większych możliwościach wykorzystania azotu jako czynnika plonotwórczego u pszenic orkiszowych niż się powszechnie ocenia.

Stwierdzono, istotną dodatnią korelację dawki azotu w kształtowaniu wysokości źdźbła i liczby kłosów. Dawka azotu wpłynęła ponadto na inne cechy struktury plonu, jednak wpływ był zmienny w latach, modyfikowany warunkami pogody w okresie wegetacji, niemniej wyniki średnie z lat wykazały, że dawka azotu u pszenicy orkiszowej STH 4809 wpływa dodatnio na: liczbę kłosków w kłosie, liczbę ziaren z kłosa, liczbę kłosów na jednostce powierzchni, nie stwierdzono natomiast wpływu dawki azotu na masę kłosa, MTZ, oraz indeks żniwny.

Innym zagadnieniem poruszonym w niniejszych badaniach i szeroko dyskutowanych w literaturze jest poziom plonowania pszenic orkiszowych w odniesieniu do pszenicy zwyczajnej. Jak podaje literatura odmiany pszenic orkiszowych są mniej wydajne w odniesieniu do odmian pszenicy zwyczajnej [Rüegger i Winzeler, 1993; Castagna i in., 1996; Lacko-Bartosova i Otepka, 2001; Sulewska, 2004; Sulewska i in., 2008]. Istotnym zagadnieniem jest również poziom plonowania odmian zagranicznych w warunkach Polski i zmienność plonowania w latach. Uzyskane wyniki wskazują, że średni plon ziarna pszenicy orkiszowej STH 4809 wynosił $5,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, wykazano jednak dużą zmienność plonowania w latach od $4,4$ (2009) do $6,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (2008), wynoszącą 36%, co wskazuje, że odmiana ta jest mało stabilna i w dużym stopniu plonowanie jej zależy od warunków pogody w okresie wegetacji. Plon polskich odmian pszenic orkiszowych w odniesieniu do pszenicy zwyczajnej sprawdzano w badaniach mikropoletkowych. Średnio w latach pszenica zwyczajna plonowała o 20% wyżej w odniesieniu do pszenicy STH 4809 i STH 8. Różnica w poziomie plonowania była zmienna w latach, największa w 2008 roku (46%), najmniejsza w 2009 roku (w którym pszenice plonowały na podobnym poziomie). O większym poziomie plonowania pszenicy zwyczajnej w odniesieniu do orkisz donosi Rachoń i in. [2009]. Udowodnili oni, że pszenica zwyczajna plonowała o 18,7% wyżej od orkiszu

pszennego. O wyższym plonie pszenicy zwyczajnej w porównaniu z pszenicą orkiszową zdecydowały głównie: większa obsada kłosów oraz liczba i masa ziaren z kłosa. Badania innych autorów nad plonowaniem zagranicznych odmian w warunkach Polski dowiodły, że ich poziom plonów jest zdecydowanie niższy od polskich odmian i linii orkiszu. Sulewska i in. [2006a] przebadali plonowanie ozimych odmian orkiszu w Swadzimiu koło Poznania. Stwierdzili oni, że były one zmienne w latach i dla odmiany Bauländer Spelz wahały się od 1,26 do 4,75 t·ha⁻¹, a dla Schwabenkorn od 1,1 do 4,82 t·ha⁻¹.

W przedstawionych badaniach określano wpływ poszczególnych czynników agrotechnicznych na przydatność ziarna orkiszu do produkcji żywności. Zwrócono więc uwagę na wartość technologiczną (wartość przemiałową i wartość wypiekową), skład białek oraz występowanie mikotoksyn.

Wśród parametrów jakościowych gęstość ziarna w stanie zsypanym decyduje o wartości przemiałowej, a duża jej wartość prognozuje wysoki plon mąki. Pszenica orkiszowa STH 4809 charakteryzowała się dość wysokimi wartościami tego parametru 75,6 kg·hl⁻¹, ale wykazała dużą zmienność w latach od 73 do 79 kg·hl⁻¹. Potwierdzają to badania Szumiły i Rachonia [2008]. Nieco inne wyniki otrzymali Makowska i in. [2008] prowadząc badania nad odmianami niemieckimi: Bastard, Oberlander, Burgdorf, Weisser W. Gram Aus Flohenhem i Schweizer Altgold Zeinnars Weisser, stwierdzili, że analizowane ziarno odmian orkiszu charakteryzowało się stosunkowo niskim ciężarem ziarna w stanie zsypanym od 72,5 do 73,9 kg·hl⁻¹. Jeszcze niższe wartości otrzymała Dąbkowska [2009], w jej badaniach waga hektolitra pszenicy orkiszowej wahała się od 66,5 do 68,6 kg·hl⁻¹ (2005) oraz od 59,6 do 62,0 kg·hl⁻¹ (2006). Prezentowane wyniki badań wskazują, że omawiany parametr jakości w większym stopniu był różnicowany przez lata badań niż czynniki doświadczenia. Średnio w latach badań dawka azotu powodowała wzrost z 75,6 (N₀) do 77,1 kg·hl⁻¹ (N₁₂₀), natomiast lata badań od 74,5 (2007) do 80 kg·hl⁻¹ (2008). Termin siewu i gęstość wysiewu nie miały wpływu na wagę hektolitra.

Zawartość białka w ziarnie jest cechą odmianową, ale również kształtują ją czynniki pogodowe w okresie wegetacji i technologia produkcji [Dąbkowska, 2009]. Różnicowanie w zawartości białka między odmianami pszenicy *spelta* wykazali: Biel i in. [2010], Makowska i in. [2008], Sulewska i in. [2008a], natomiast między pszenicą orkiszową, a zwyczajną Rachoń i Szumiło [2009], Siemianowska i in. [2011].

Z badań przeprowadzonych przez Rachonia i Szumiłę [2009] wynika, że linie pszenicy orkiszowej (STH 3 i STH 715) charakteryzowały się wyższą zawartością białka w porównaniu do pszenicy zwyczajnej. Podobnie badania Siemianowskiej i in. [2011] wskazują, że mąka orkiszowa zawierała nieznacznie więcej białka ogółem w porównaniu do mąki uzyskanej z ziarna pszenicy zwyczajnej i mieściła się w zakresie 11,0 -13,6%.

Wyniki badań własnych wskazują, że zawartość białka w ziarnie STH 4809 wahała się od 9,9 do 12,3% i zakres ten jest nieco odbiega od wyników otrzymanych przez Makowską i in. [2008] według, których niemieckie odmiany orkiszu charakteryzowały się zawartością białka ogółem w granicach 11,8 i 12,6%. Podobnie jak wskazuje literatura: Rachoń i Szumiło [2009], Siemianowska i in. [2011] pszenice orkiszowe: STH 8 i STH 4809 charakteryzowały się większą zawartością białka w porównaniu do pszenicy zwyczajnej. Średnio w trzyleciu zawartość białka u odmiany orkisz STH 8 wynosiła 11,73%, u pszenicy orkisz STH 4809 od 12,0%, a u pszenicy zwyczajnej 10,9%.

Wyniki badań własnych wskazują, że jedynie w 2007 roku nawożenie azotem wpłynęło w sposób istotny na zwiększenie zawartości białka w ziarnie pszenicy orkisz STH 4809, większe dawki przyczyniły się do wzrostu zawartości białka w ziarnie. W pozostałych latach badań zaznaczyła się jedynie tendencja zwiększenia zawartości tego wyróżnika jakości pod wpływem większego nawożenia azotem.

Wpływ gęstości siewu był również zmienny w latach. W roku 2007 roku największą zawartość białka stwierdzono w ziarnie pochodzącym z obiektów z największą gęstością wysiewu, natomiast w 2009 roku i średnio w trzyleciu wraz ze zwiększeniem ilości wysiewu malała zawartość białka.

Wydajność glutenu mokrego wiąże się silnie z wartością wypiekową [Bojňanská i Frančakova, 2002; Gąsiorowski, 2004b]. W wielu badaniach stwierdzono wyższą wydajność glutenu mokrego mąki z ziarna pszenicy orkisz w porównaniu z pszenicą zwyczajną [Abdel-Aal i in., 1996; Chrenková i in., 2000; Capouchová, 2001; Bojňanská i Frančaková, 2002; Ceglińska, 2003; Lacko-Bartošová i Rědlová, 2007; Majewska i in., 2007; Krawczyk i in., 2008a, Zieliński i in., 2008, Dąbkowska, 2009; Rachoń i Szumiło, 2009; Majewska i in., 2011]. Potwierdzają to przedstawione wyniki badań według, których większą wydajnością glutenu mokrego charakteryzowały się odmiany pszenicy orkiszowej STH 8 i STH 4809 (odpowiednio 29,58 i 29,01%) w porównaniu do pszenicy zwyczajnej Sukces (25,67%). Porównując omawiane wyniki badań do tych

opisanych w literaturze, zauważono, że badane odmiany pszenic orkiszowych (STH 8, STH 4809) charakteryzują się mniejszą wydajnością glutenu mokrego w porównaniu do niemieckich odmian pszenic orkiszowych (Schweizer Altgold Zeinnars Weisser, Bastard, Burgdorf, Oberlander), u których wahała się ona od 31 do 37% [Makowska i in., 2008].

W badaniach przeprowadzonych przez Bepirszcza i Budzyńskiego [2011b] stwierdzono, że nawożenie azotem znacząco poprawiło wydajności glutenu mokrego. Zgadza się to z obecnymi wynikami badań według, których wraz ze wzrostem dawki azotu wzrastała wydajność glutenu mokrego. Największą wydajnością charakteryzowało się ziarno pochodzące z obiektu, na którym zastosowano najwyższą dawkę azotu (N_{120}). Zgodnie z normą PN-A-74022 w przypadku mąki o typie 1400 wydajność glutenu mokrego powinna wynosić nie mniej niż 24%, a dla mąki o typie 1050 uzyskana wartość powinna być równa bądź wyższa od 25%, co stanowi minimum w przypadku mąki o dobrej wartości wypiekowej. Na tej podstawie można stwierdzić, że wydajność glutenu mokrego dla mąk otrzymanych z ziarna pszenicy orkisz STH 4809 spełniała powyższe kryterium przy zastosowaniu nawożenia azotem w ilości 80 i 120 $kg \cdot ha^{-1}$.

Analiza wpływu terminu i gęstości wysiewu na ilość glutenu wykazała, że termin siewu nie wpłynął istotnie na wydajność glutenu mokrego, natomiast wraz ze wzrostem ilości wysiewu zmniejszała się jego ilość. Do odmiennych wniosków doszedł Bepirszcz i Budzyński [2011b] stwierdzając, że opóźnienie siewu spowodowało wzrost wydajności glutenu mokrego zarówno u odmiany pszenicy orkiszowej Schwabenkorn jak i pszenicy zwyczajnej odmiany Olivin.

Badania Capouchovej [2001] oraz Krawczyka i in. [2008b] wskazują, że gluten orkiszowy cechował się gorszą jakością niż gluten z pszenic zwyczajnych, co jest zgodne z prezentowanymi badaniami. U pszenicy orkiszowej STH 8 wynosił - 37, u STH 4809 - 55, a u pszenicy zwyczajnej Sukces - 68. Jak podaje Jakubczyk i Haber, [1981] zakres wartości liczbowych indeksu glutenu waha się od 0 do 100, a jego zalecana wartość powinna być wyższa niż 40, widać zatem, że pszenica orkiszowa STH 4809 spełniała to kryterium.

Spośród badanych czynników agrotechnicznych jedynie dawka azotu miała wpływ na ten parametr jakości, stwierdzono, pogorszenie jakości glutenu wraz ze wzrostem dawki azotu, co jest zgodne z badaniami Capouchovej [2001]. Jednak należy zauważyć, że jedynie zastosowanie azotu w ilości 120 $kg N \cdot ha^{-1}$, powodowało

pogorszenie wartości tego parametru z punktu widzenia przydatności do wypieku (otrzymano wartości indeksu 34).

Dostępna literatura wskazuje duże zróżnicowanie wartości liczby opadania odmian pszenicy orkiszowej. Według Dąbkowskiej [2009] wartości LO wahały się od 228 s (odmiana Ceralio) do 354 s (odmiana Holstenkorn). Natomiast według Makowskiej i in. [2008], wartości liczby opadania wahały się od 150 s (odmiana Oberlander) do 228 s (odmiana Bastard). Uzyskane wyniki wskazują, że polskie odmiany STH8 i STH 4809 nie wykazują różnic pod względem tej cechy. Natomiast wartości liczby opadania pszenic orkiszowych były wyższe niż pszenicy zwyczajnej Sukces. Średnio z trzylecia liczba opadania dla odmiany orkisz STH 8 wynosiła 336 s, dla orkiszu STH 4809 - 332 s, a dla Sukces - 290 s. Według PN-A-74022 wartość tego parametru dla mąki pszennej o typie 1050 powinna być wyższa od 220 s, natomiast w przypadku mąki sitkowej typu 1400 wartość ta powinna uzyskać wynik nie mniejszy niż 180 s, zatem polskie odmiany pszenic orkiszowych spełniały wymagania PN.

Czynniki doświadczenia: gęstość i termin siewu oraz dawka azotu nie różnicowały w sposób istotny liczby opadania. Odmienne wyniki uzyskał Bepirszcz i Budzyński [2011b] stwierdzając, że opóźnienie siewu spowodowało wzrost liczby opadania u odmiany pszenicy orkiszowej i pszenicy zwyczajnej.

Oznaczenie wskaźnika sedymentacyjnego SDS jest analizą, która jest miernikiem jakości i ilości glutenu. Według Bojńńskiej i Frančakovej [2002] na wartość tego parametru mają wpływ warunki pogody i czynniki agrotechniczne. Potwierdzają tę tezę wyniki badań wskazując, że wskaźnik sedymentacyjny SDS oznaczony w mące z pełnego przemiału był zmienny w latach i dla ziarna orkiszu ozimego STH 4809 ze zbiorów 2007, 2008 i 2009 mieścił się w zakresie od 52,8 do 63,7 cm³. Badane pszenice orkiszowe STH 8 i STH 4809 charakteryzowały się niższą wartością wskaźnika SDS w porównaniu do pszenicy zwyczajnej Sukces. Zgadza się to z wynikami otrzymanymi przez Dąbkowską [2009] według których wartość wskaźnika sedymentacyjnego wg Zeleny'ego u większości badanych odmian orkiszu niemieckiego była niższa niż u odmian pszenic zwyczajnych.

Badania Bepirszcza i Budzyńskiego [2011b] wykazały tendencję wzrostu wartości wskaźnika sedymentacyjnego SDS dla pszenicy orkiszowej wraz ze wzrostem nawożenia azotem, wartość ta wahała się w granicach od 63,4 cm³ (N₀) do 66,4 cm³ (N₁₀₂). Dodatni wpływ dawki azotu na tę cechę potwierdzają przedstawione wyniki.

Zwiększenie dawki azotu z N_0 do N_{120} powodowało wzrost wartości tego parametru z 56,7 do 61,2 cm^3 .

Termin siewu oraz gęstość siewu nie wpłynęły istotnie na kształtowanie wskaźnika sedymentacyjnego SDS.

Poza oznaczeniami cech fizycznych i chemicznych ziarna i mąki w badaniach oceniono cechy reologiczne celem bardziej wnikliwej oceny właściwości wypiekowych, a przede wszystkim oceny zachowania się ciasta podczas miesienia [Konopka i in., 2000]. Dane literaturowe podają, że mąka orkiszowa w większości przypadków charakteryzuje się mniejszą wodochłonnością, zbliżonym czasem rozwoju ciasta, wyższym stopniem rozmiękczenia ciasta w porównaniu do mąki z ziarna pszenicy zwyczajnej [Marconi i in., 2002; Ceglińska, 2003; Pruska – Kędzior i in., 2008; Zieliński i in., 2008]. W badaniach Makowskiej i in. [2008] na podstawie uzyskanych farinogramów stwierdzono, że analizowana mąka odmian niemieckich orkiszu charakteryzowała się zbliżoną wodochłonnością (56,3-57,0%). Wykazano także, że ciasto orkiszowe charakteryzowało się czasem rozwoju ciasta w granicach od 2,3 min do 3,7 min, krótkim czasem stałości ciasta (od 3,0 min do 3,8 min) oraz stosunkowo dużym rozmiękczeniem (od 107 do 142 FU). W niniejszych badaniach stwierdzono, że wodochłonność mąki polskiej odmiany orkiszu STH 4809 osiągała wyższe parametry, mieściły się one w zakresie od 55,1 do 61,0%, czas rozwoju ciasta był nieco mniejszy i wynosił od 1,9 do 3 min, natomiast stałości ciasta była bardzo zmienna i wynosiła od 2,7 do 4,7 min, Stopień rozmiękczenia osiągnął korzystniejsze wartości z punktu widzenia przydatności wypiekowej. Mieściły się one w zakresie od 100,4 do 120,9 FU. Dodatkowo w badaniach zaobserwowano, że w roku 2007 dawka azotu różnicowała stałość ciasta. Największą stałością ciasta (5,0 min) charakteryzowała się mąka pochodząca z obiektu gdzie zastosowano dawkę azotu w ilości $80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. W pozostałych latach zaobserwowano tendencję wzrostu stałości ciasta wraz ze zwiększaniem nawożenia azotowego. Średnio dla trzylecia większe dawki azotu wpływały korzystnie na: czasu rozwoju ciasta, stałość ciasta, liczbę jakości, stopień rozmiękczenia. Na tej podstawie można wywnioskować poprawę właściwości reologicznych ciasta wraz z zastosowaniem nawożenia azotem.

Z danych literaturowych wynika, że na jakość białka, a w szczególności wydajność glutenu mokrego, istotny wpływ mają wzajemne proporcje gliadyn do glutenin, które są głównymi białkami zapasowymi ziarna zbóż [Abdel – Aal i in., 1996]. Weiser [2001] twierdzi, że pszenica zwyczajna charakteryzuje się większą całkowitą

zawartością glutenin i podjednostek HMW oraz mniejszym stosunkiem gliadyn do glutenin w porównaniu do pszenicy orkiszowej i płaskurki. Zatem istotne wydawało się przeanalizowanie ilościowe i jakościowe grup i frakcji białek polskich odmian pszenicy orkiszowej w odniesieniu do pszenicy zwyczajnej oraz wpływu na ten parametr czynników agrotechnicznych.

W badaniach stwierdzono, zróżnicowanie frakcji białek pszenic orkiszowych w porównaniu do pszenicy zwyczajnej oraz wpływ poszczególnych czynników agrotechnicznych na ilość i wzajemne proporcje poszczególnych frakcji białek.

Albuminy i globuliny stanowiły od 21 do 26% zawartości białka całkowitego w ziarniakach badanych odmian. Najwięcej albumin i globulin zawierała pszenica zwyczajna Sukces. Odmiana STH 8 charakteryzowała się mniejszą zawartością tych frakcji o 2 p.p., a odmiana STH 4809 o 5 p.p. We wcześniejszych badaniach Konopki i in. [2007] albuminy i globuliny stanowiły od 16 do 19% całkowitej zawartości białka w ziarniakach pszenicy zwyczajnej. Badania własne pokazują, że zwiększenie ilości wysiewu z 300 do 450 ziaren·m⁻² spowodowało spadek zawartości albumin i globulin o 2%, a z 450 do 600 ziaren·m⁻² wzrost zawartości albumin i globulin o 1,7%.

W badaniach stwierdzono różną zawartość gliadyn w zależności od odmiany, co jest zgodne z badaniami Konopki i in. [2007]. Największą zawartość tej grupy białek zaobserwowano u odmiany STH 4809, a najmniejszą u pszenicy zwyczajnej Sukces.

W niniejszych badaniach stwierdzono obecność wszystkich frakcji białek gliadynowych, a analiza chromatogramów pokazała typowe ich rozmieszczenie. We wszystkich badanych odmianach pszenic występowały ω-gliadyny (około 5% całkowitego białka), α/β-gliadyny (27% całkowitego białka u pszenic orkiszowych i 25% u Sukces) oraz γ-gliadyny (13% białka całkowitego). Nieco inne zawartości poszczególnych frakcji gliadyn odnotowała Konopka i in. [2007] wykazując mniejsza o 2% zawartość ω-gliadyny, mniejsza o 7% zawartość α/β-gliadyny, mniejsza o 2% zawartość γ-gliadyny. Jednak podobnie jak w prezentowanych badaniach ω-gliadyny stanowiły najmniejszą frakcję, a największą - α/β-gliadyny.

Badania wykazały, że gluteniny są głównymi białkami zapasowymi w ziarniakach omawianych odmian pszenic. Odmiana STH 4809 charakteryzowała się największą zawartością frakcji HMW (10% białka całkowitego), a najmniejszą odmiana STH 8 i Sukces (9 % białka całkowitego). Literatura przedmiotu [MacRitchie, 1999; Daniel i Triboi, 2002] wskazuje, że na wartość wypiekową mąki pozytywnie wpływa wzrost frakcji HMW, stosunek cząsteczek HMW do LMW. Analizowane w niniejszej

pracy odmiany zawierały od 9 do 10% frakcji HMW i ich stosunek do niskocząsteczkowych glutenin w ziarniakach STH 8 wynosił 0,45, a dla STH 4809 – 0,42 oraz dla pszenicy zwyczajnej Sukces – 0,39. Wyniki te są zgodne z wynikami badań Konopki i in. [2007] w których analizowane odmiany pszenic zawierały od 8 do 13 % frakcji HMW, a ich stosunek do cząsteczek LMW wahał się od 0,27 do 0,40.

Opóźnienie terminu siewu spowodowało zwiększenie zawartości albumin i globulin o 1%, gliadyn o 2%, glutenin o 7%. Stwierdzono wzrost frakcji: α/β -gliadyn, γ -gliadyn, podjednostek HMW i LMW oraz zmniejszenie ω -gliadyn. Badania [Olszewski i in., 2009] wykazały, że przypadku pszenicy ozimej odmiany Tonacja i Sukces opóźnienie terminu siewu nie miało wpływu na zawartość albumin i globulin. Powodowało jednak wzrost zawartości gliadyn w ziarnie odmiany Tonacja.

Zwiększenie ilości wysiewu z 300 do 450 ziaren·m⁻² spowodowało wzrost zawartości całkowitej gliadyn o 1,8%, (ω -gliadyn o 1,4%, γ -gliadyn o 0,7%). Wyniki badań wykazały, że wraz ze zwiększaniem ilości wysiewu zmniejszała się zawartość glutenin – stwierdzono spadek zawartości podjednostek HMW o 2,6% i LMW o 1,8%, a więc pogorszenie wartości wypiekowej.

O przydatność surowca do dalszego spożytkowanie decydują nie tylko cechy wartości technologicznej, istotną rolę odgrywa zdrowotność surowca, a przede wszystkim poziom zanieczyszczeń chemicznych (pozostałości środków ochrony roślin) i mikrobiologicznych (mikotoksyny). Dane literatury informują, że duży wpływ na występowanie mikotoksyn mają warunki pogody w okresie wegetacji, odmiana, mniejszy czynniki agrotechniczne [Mesterházy, 2002; Cegielska-Radziejewska i in., 2009, Korbas i in., 2011]. Poziom badanych mikotoksyn w ziarnie pszenic orkiszowych w odniesieniu do zwyczajne wskazuje brak istotnych różnic, niemniej zarysowała się tendencja do tworzenia większej ilości toksyny T-2/HT-2, oraz mniejszej ilości ZEA u pszenicy zwyczajnej Sukces w porównaniu do pszenic orkiszowych. Potwierdza to w swoich badaniach Suchowilska i in. [2010] stwierdzając, że zawartość deoksyniwalenolu w ziarnie pszenic orkiszowych była na poziomie odpornej na fuzariozę odmiany pszenicy zwyczajnej.

Omawiane wyniki potwierdzają tezę, że poziom ocenianych toksyn w ziarniakach pszenicy orkiszowej i zwyczajnej zależy od warunków pogody (lat badań i usytuowania doświadczenia). W roku 2008 w próbkach ziarna z doświadczenia polowego z miejscowości Osobne praktycznie nie wykryto badanych mikotoksyn, natomiast w roku 2009 ziarno zawierało pewne ilości mikotoksyn DON i ZEA. Chociaż

różnice nie były potwierdzone statystycznie to zarysowała się tendencja wyższego gromadzenia toksyn w ziarniakach pochodzących z obiektu z małą (N_{40}) i średnią dawką azotu (N_{80}). Również na obiektach z mniejszą ilością wysiewu poziom ocenianej toksyny ZEA i DON był większy niż w ziarniakach z największej gęstości wysiewu. Inne tendencje zaobserwowano w doświadczeniu usytuowanym w Puławach, gdyż najwyższy poziom mikotoksyny T-2/HT-2 toksyny, ZEA stwierdzono w ziarnie zebranym z największej gęstości wysiewu. Zatem trudno jest jednoznacznie ocenić i wytłumaczyć wpływ poszczególnych czynników agrotechnicznych na występowanie mikotoksyn.

7. WNIOSKI

1. Obsada roślin i dawka azotu nie miały wpływu na długość okresu wegetacji i długość faz wzrostu i rozwoju. O długości okresu wegetacji decydował przebieg okresu wegetacji, odmiana oraz termin siewu. Opóźnienie terminu siewu powodowało skrócenie okresu wegetacji i różnicowało fazy wzrostu i rozwoju powodując wydłużenie okresu od fazy wschodów do fazy krzewienia i skrócenie okresu od fazy krzewienia do fazy strzelania w źdźbło.
2. Stwierdzono wzrost plonu ziarna polskiej odmiany pszenicy orkiszowej STH 4809 wraz ze wzrostem dawki azotu. W każdym roku istotna dodatnia zależność wystąpiła do zastosowania $80 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$.
3. Pod wpływem większych dawek azotu następował wzrost liczby kłosów, liczby kłosek w kłosie, liczby ziaren w kłosie oraz wysokość źdźbła.
4. Nie stwierdzono wpływu gęstości siewu w zakresie od 400 do 600 ziaren $\cdot\text{m}^{-2}$ na poziom plonowania pszenicy orkiszowej STH 4809, obniżenie gęstości siewu do 300 ziaren $\cdot\text{m}^{-2}$ powodowało już istotne zmniejszenie poziomu plonowania, zatem odmiana ta wymaga średniej gęstości siewu.
5. Równolegle ze wzrostem ilości wysiewu wzrastała liczba kłosów na jednostce powierzchni jednak następowało zmniejszenie elementów budowy kłosa: długości kłosa, liczby ziaren z kłosa, i liczby kłosek w kłosie, zmniejszenie wymienionych elementów struktury wraz ze wzrostem gęstości siewu było na tyle istotne, że wzrost liczby kłosów nie powodował wzrostu plonu ziarna.
6. Azot wpływał korzystnie na cechy wartości wypiekowej: ilość białka, zawartość glutenu, wskaźnik sedymentacyjny, cechy reologiczne ciasta, negatywnie natomiast na indeks glutenu. Najkorzystniejsze wartości parametrów jakości otrzymano stosując azot w ilości $80 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$.
7. Pszenice orkiszowe STH 8 i STH 4809 plonowały o 20% niżej od pszenicy zwyczajnej Sukces. Wyższy poziom plonowania pszenicy zwyczajnej w odniesieniu do pszenic orkiszowych wynikał z większego plonu ziarna z kłosa i masy tysiąca ziaren.
8. Polskie odmiany pszenic orkiszowych STH 8 i STH 4809 reagowały na opóźnienie terminu siewu podobnie jak pszenica zwyczajna Sukces. Opóźnienie siewu o 2 tygodnie nie powodowało istotnej obniżki plonu ziarna, jednak zaznaczyła się

tendencja zmniejszenia poziomu plonowania co wynikało z mniejszej obsady kłosów i plonu ziarna z rośliny ale większej plonu ziarna z kłosa wraz z opóźnieniem siewu.

9. Termin siewu nie miał wpływu na cechy wartości technologicznej pszenicy, jednak pod wpływem terminu siewu odmiany w odmienny sposób kształtowały zawartość białka i ilość glutenu, co można tłumaczyć zmianą proporcji grup i frakcji białek wywołanych opóźnieniem siewu.
10. Gęstość siewu w odmienny sposób wpływała na zawartość białka i wydajność glutenu u badanych odmian. U pszenicy zwyczajnej odmiany Sukces gęstość siewu nie miała wpływu na zawartość białka i ilość glutenu, natomiast u odmian pszenic orkiszowych najmniejszą zawartość białka i glutenu w ziarnie stwierdzono na obiektach z największą gęstością - $600 \text{ ziaren} \cdot \text{m}^{-2}$.
11. Odmiany pszenic orkiszowych cechowały się większą zawartością białka i wydajnością glutenu oraz większymi wartościami liczby opadania. Jakość glutenu, która określono na podstawie wartości wskaźnika sedymentacyjnego SDS i indeksu glutenu była gorsza.
12. Odmiany pszenicy orkiszowej i pszenicy zwyczajnej różniły się zawartością poszczególnych grup i frakcji białek. Pszenica Sukces w odniesieniu do pszenicy *spelta* charakteryzowała się większą ilością albumin i globulin, najmniejszą gliadyn.
13. Wykryto minimalne ilości mikotoksyn fuzaryjnych w ziarniakach pszenic, ich ilość nie zależała od czynników doświadczenia, ale od warunków pogody w latach badań.
14. Nowa polska odmiana pszenicy orkiszowej STH 4809 do wydania wysokiego plonu o korzystnych parametrach technologicznych wymaga średniointensywnej uprawy.

Streszczenie

Celem pracy było określenie poziomu plonowania i wartości technologicznej nowych polskich odmian pszenicy *Triticum aestivum* ssp. *spelta* L. oraz wyznaczenie najkorzystniejszych, dla wielkości plonowania i cech jakościowych, poziomów głównych czynników plonotwórczych: dawki azotu, terminu siewu i gęstości siewu.

Cel badawczy realizowano poprzez prowadzenie doświadczeń polowych, mikropoletkowych i laboratoryjnych. Zakres badań w przypadku doświadczenia polowego obejmował analizę wpływu nawożenia azotowego i gęstości siewu na: poziom plonowania, cechy struktury plonu, właściwości przemiałowe (gęstość ziarna w stanie zsypanym, MTZ) i wypiekowe (zawartość białka, ilość glutenu i jego jakość, wskaźnik sedymentacyjny SDS, liczbę opadania), cechy reologiczne ciasta (wodochłonność mąki, czas rozwoju i stałość ciasta, rozmiękczenie, liczba jakości) oraz występowanie mikotoksyn w ziarniakach polskiej odmiany pszenicy orkiszowej STH 4809. W doświadczeniu mikropoletkowym określano reakcje odmian pszenic orkiszowych w porównaniu do pszenicy zwyczajnej na termin i gęstości siewu. Określono cechy struktury plonu i wartości technologicznej ziarna jak w doświadczeniu polowym, dodatkowo oznaczono grupy i frakcje białek. W badaniach uwzględniono odmiany pszenicy orkiszowej STH 8 i STH 4809 oraz pszenicę zwyczajną odmiany Sukces.

Z przeprowadzonych badań wynika, że obsada roślin i dawka azotu nie miały wpływu na długość okresu wegetacji i długość faz wzrostu i rozwoju. O długości okresu wegetacji decydowały warunki pogody, odmiana oraz termin siewu. Opóźnienie terminu siewu powodowało skrócenie okresu wegetacji i różnicowało fazy wzrostu i rozwoju powodując wydłużenie okresu od fazy wschodów do fazy krzewienia i skrócenie okresu od fazy krzewienia do fazy strzelania w źdźbło.

Polska odmian pszenicy orkiszowej STH 4809 dodatnio reagowała zwyżką liczby kłosów na jednostce powierzchni, liczby ziaren w kłosie i wysokości źdźbła na zwiększenie dawki azotu do 80 kg N·ha⁻¹, co skutkowało wzrostem poziomu plonowania.

Nie stwierdzono wpływu gęstości siewu w zakresie od 400 do 600 ziaren·m⁻² na poziom plonowania pszenicy orkiszowej STH 4809, obniżenie gęstości siewu do 300 ziaren·m⁻² powodowało już istotne zmniejszenie poziomu plonowania.

Azot wpływał korzystnie na cechy wartości wypiekowej: ilość białka, zawartość glutenu, wskaźnik sedymentacyjny, cechy reologiczne ciasta, negatywnie natomiast na indeks glutenu. Najkorzystniejsze wartości parametrów jakości otrzymano stosując azot w ilości $80 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Pszenice orkiszowe STH 8 i STH 4809 plonowały o 20% niżej od pszenicy zwyczajnej Sukces. Cechowały się jednak większą zawartością białka i wydajnością glutenu oraz większymi wartościami liczby opadania. Jakość glutenu, którą określono na podstawie wartości wskaźnika sedymentacyjnego SDS i indeksu glutenu u pszenic orkiszowych była gorsza w porównaniu do pszenicy zwyczajnej Sukces.

Polskie odmiany pszenic orkiszowych STH 8 i STH 4809 reagowały na opóźnienie terminu siewu podobnie jak pszenica zwyczajna Sukces. Pod wpływem terminu siewu odmiany w odmienny sposób kształtowały zawartość białka i ilość glutenu, co można tłumaczyć zmianą proporcji grup i frakcji białek wywołanych opóźnieniem siewu.

Gęstość siewu w odmienny sposób wpływała na zawartość białka i wydajność glutenu u badanych odmian. U pszenicy zwyczajnej odmiany Sukces gęstość siewu nie miała wpływu na zawartość białka i ilość glutenu, natomiast u odmian pszenic orkiszowych najmniejszą zawartość białka i glutenu w ziarnie stwierdzono na obiektach z największą gęstością - $600 \text{ ziaren}\cdot\text{m}^{-2}$.

Termin i gęstość wysiewu oraz odmiana miały wpływ na wzajemne proporcje frakcji i grup białek. Pszenica Sukces w odniesieniu do pszenicy *spelta* charakteryzowała się większą ilością albumin i globulin, najmniejszą gliadyn.

Wykryto minimalne ilości mikotoksyn fuzaryjnych w ziarniakach pszenic, ich ilość nie zależała od czynników doświadczenia, ale od warunków pogody w latach badań.

SPIS LITERATURY

1. Abdel-Aal E.-S. M., Hucl P., Sosulski F. W., Bhirud P.R., 1997. Kernel, milling and baking properties of spring-type spelt and einkorn wheats. *J. Cereal Sci.*, 26, 363-370;
2. Abdel-Aal E.-S.M., Salama D.A., Hucl P., Sosulski F.W., Cao W., 1996. Electrophoretic characterization of spring spelt wheat gliadins. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 44, 2117-2123;
3. Achremowicz B., Borkowska H., Styk B., Grundas S., 1995. Wpływ nawożenia azotowego na jakość glutenu pszenicy jarej. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 193, 29-34;
4. Achremowicz B., Kulpa D., Mazurkiewicz J., 1999. Technologiczna ocena ziarna pszenic orkiszowych. *Zeszyty Naukowe AR Kraków*, 360, 11-17;
5. Achremowicz B., Zając J., Styk B., 1993. Wpływ podwyższonego nawożenia azotem na wartość technologiczną niektórych odmian pszenicy jarej i ozimej. *Rocz. Nauk Roln.*, A, 110(1-2), 149-157;
6. Aufhammer W., 1980. Aspects and properties of plant growth regulators. Wageningen, Monograph, 6, 131-140;
7. Ayoub M., Guertin S., Fregeau-Reid J., Smith D.L., 1994. Nitrogen fertilizer effect on breadmaking quality of hard red spring wheat in eastern Canada. *Crop Science*, 34, 1346-1352;
8. Baker, R.J., 1982. Effect of seeding rate on grain yield, straw yield, and harvest index of eight spring wheat cultivars. *Can. J. Plant Sci.* 62, 285–291.
9. Balla A., Blecker C., Razafindralambo H., Paquot H., 1997. Interfacial properties of wheat gluten films from flours with different breadmaking qualities (in French). *Sciences des Aliments*, 17, 271-278;
10. Bavec F., Rantaša I., Makar S., Grobelnik , Jakop M., Bavec M., 2006. Yield performance in spelt regarding to hulled and dehulled seeds sown at different rates and dates. *Bibliotheca Fragm. Agron.* 11, 43–44;
11. Bepirszcz K, Budzyński W., 2011a. Plonowanie *Triticum aestivum* ssp. *vulgare* i ssp. *spelta* w zależności od poziomu agrotechniki. *Mat. konf. „Hodowla uprawa i wykorzystanie pszenicy orkisz w warunkach zmian klimatu”*, 3-5;
12. Bepirszcz K, Budzyński W., 2011b. Wartość technologiczna ziarna *Triticum aestivum* ssp. *vulgare* i ssp. *spelta* w zależności od poziomu agrotechniki. *Mat. konf. „Hodowla uprawa i wykorzystanie pszenicy orkisz w warunkach zmian klimatu”*, 6-8;

13. Berot S., Chiron H., Nicolas M., Gautier S., Godon B., Papineau Y., 1996. Pilot scale preparation of wheat gluten protein fractions. II. Technological properties of the fractions. *International Journal of Food Science and Technology*, 31, 77-83;
14. Biel W., Hury G., Maciorowski R., Kotlarz A., Jaskowska I., 2010. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na skład chemiczny ziarna dwóch odmian orkisz (Triticum aestivum ssp. spelta L.). *Acta Sci. Pol., Zootechnica* 9 (4), 5-14;
15. Bloksma A. H., Bushuk W., 1988. Rheology and chemistry of dough. In: *Wheat: Chemistry and technology*, Vol. II, Ed. Y. Pomeranz, AACC Inc., St. Paul, MN, 131-217;
16. Bojňanská T., 1996. Protein fractions in relation to selected quality traits of winter wheat (in Slovakian). *Rostlinná Výroba*. 42, 205-209;
17. Bojňanská T., Frančáková H., 2002. The use of spelt wheat (*Triticum spelta* L.) for baking applications. *Rostlinná Výroba*, 48, 141-147;
18. Borkowska H., Grundas S., Styk B., 1999. Influence of nitrogen fertilisation of winter wheat on its gluten quality. *International Agrophysics*, 13, 333-335;
19. Bottalico A., 1998. *Fusarium* diseases of cereals, species complex and related mycotoxin profiles in Europe. *J. Plant Pathol.* 80: 85-103;
20. Bottalico A., Perrone G., 2002. Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small grain cereals in Europe. *European J. Plant Pathol.* 108: 611-624;
21. Briggs, K.G., 1988. Spring wheat: rate of seeding × row spacing. In: *Intensive Culture of Wheat in Canada, Third Annual Report 1987–1989*. Canada Grain Council, Winnipeg, MB, pp. A23–A29.
22. Budzyński W., Bielski S., 2008. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie pszenicy ozimej. *Fragmenta Agronomica*, XXV, 1 (97), 27-38;
23. Budzyński W., Bielski S., Borysiewicz J., 2008. Wpływ nawożenia azotem na jakość technologiczną ziarna pszenicy ozimej. *Fragmenta Agronomica*, 1(97), 39-49;
24. Budzyński W., Borysiewicz J., Bielski S., 2004. Wpływ poziomu nawożenia azotem na plonowanie i jakość technologiczną ziarna pszenicy ozimej. *Pam. Puł.*, 135, 33- 44;
25. Buśko M., Góral T., Cichy H., Matysiak A., Perkowski J., 2006. Akumulacja deoksynivalenolu i ergosterolu w ziarnie pszenicy porażonym przez *Fusarium culmorum*. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis*, 247 (100), 21-28;

26. Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T., 1999. Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy ozimej w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotowego. *Pam. Puł.*, 118, 45-56;
27. Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T., Sęk M., 1998. Wpływ nawożenia azotowego na wartość technologiczną wybranych odmian pszenicy ozimej. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 7, 23-26;
28. Capouchová I., 2001. Technological quality of spelt (*Triticum spelta* L.) from ecological growing system. *Sci. Agric. Bohem.*, 32, 307-322;
29. Castagna R., Minoia C., Porfiri O., Rocchetti G., 1996. Nitrogen level and seeding rate effects on the performance of hulled wheats (*Triticum monococcum* L., *T. dicoccum* Schübler and *T. spelta* L.) evaluated in contrasting agronomic environments. *J. Agronomy and Crop Sciences*, 176, 173-181;
30. Cegielska-Radziejewska R., Szablewski T., Karolczak K., Kaczmarek A., Kijowski J., 2009. Ocena zawartości mikotoksyn w zbożach paszowych i paszach metodą immunoenzymatyczną. *Nauka Przyroda Technologie*, t. 3, zeszyt 4, 1-9;
31. Ceglińska A., 2003. Technological value of spelt and common wheat hybrid. *Electr. J. Pol. Agric. Univ.*, 6, 1-7;
32. Chełkowski J., 1998. Distribution of *Fusarium* species and their mycotoxins in cereal grains. In: *Mycotoxins in Agriculture and Food Safety* (KK Sinha and D. Bhatnagar Eds) Marcel Dekker Inc, New York, pp. 45-64;
33. Chełkowski J., 2008. Mikotoksyny, grzyby toksynotwórcze i mikotoksykozy. Wersja on-line, www.cropnet.pl/mycotoxin, 1-100;
34. Chrenková M., Čerešňáková Z., Sommer A., Gálová Z., Král'ová V., 2000. Assessment of nutritional value in spelt (*Triticum spelta* L.) and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) by chemical and biological methods. *Czech. J. Anim. Sci.*, 45, 133-137;
35. Chrzanowska-Drożdż B., Gil Z., Liszewski M., Malarz W., 2004. Wysokość i jakość plonu pszenicy ozimej w zależności od dawki i sposobu nawożenia azotem. *Biul. IHAR*, 233, 29-38;
36. Chung O.K., 1989. Functional significance of wheat lipids. In: *Wheat is unique*, ed. Y. Pomeranz, AACC, St. Paul, 341-368;
37. Ciha A. J., 1983. Seeding rate and seeding date effects on spring seeded small grain cultivars. *Agron. J.*, 75, 795-799;

38. Cyrkler-Degulis M., Bulińska-Radomska Z., 2007. Zaniechane gatunki i stare odmiany zbóż czy współczesne odmiany hodowlane dla rolnictwa ekologicznego? Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 517, 827–840;
39. Daniel C., Triboi E. 2002. Changes in wheat protein aggregation during grain development: effects of temperatures and water stress. Eur. J. Agron., 16, 1-12.
40. Daniel C., Triboi E., 2000. Effect of temperature and nitrogen nutrition on the grain composition of winter wheat: effects on gliadin content and composition. Journal of Cereal Science, 32, 45-56;
41. Darwinkel A., 1979. Ear size in relation to tiller emergence and crop density. Proceedings of Eucarpia workshop, Wageningen, Centre for Agric. Publ. and Docum., 10-15;
42. Dąbek-Gad M., Bujak K., 2002. Wpływ sposobu uprawy roli i intensywności pielęgnowania roślin na plonowanie pszenicy ozimej. Annales UMCS, Ser. E, 57, 51-60;
43. Dąbkowska E., 2009. Wpływ odmiany ziarna orkiszowego uzyskanego w warunkach produkcji ekologicznej na jakość mąki. Praca doktorska, UWM w Olsztynie, 95-96;
44. Dojczew D., Sobczyk M., Grodzicki K., Haber T., 2004. Wpływ porostu ziarna na wartość wypiekową mąki pszennej, pszenżytniej i żytniej. Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria, 3 (2), 127-136;
45. Donaldson, E., Schillinger W.F., Dofing S.M., 2001. Straw production and grain yield relationships in winter wheat. Crop Science 4, 100-106;
46. Drews S., Juroszek P., Neuhoff D., Köpke U., 2002. Competitiveness of winter wheat stands against weeds: Effects of cultivar choice, row width and drilling direction. Proceedings of the 14th IFOAM Organic World Congress, Canadian Organic Growers (COG), p. 17;
47. Dubis B., Borysiewicz J., 2008. Wpływ nawożenia azotem na plon i technologiczną jakość wybranych odmian pszenicy zwyczajnej. Fragmenta Agronomica, XXV, 1 (97), 110-120;
48. Dubis B., Budzyński W., 2006. Reakcja pszenicy ozimej na termin i gęstość siewu. Acta Sci. Pol., Agricultura, 5(2), 15–24;
49. Dupont F.M., Vensel W.H., Chan R., Kasarda D.D., 2000. Characterization of the 1B-type ω- gliadins from *Triticum aestivum* cultivar Butte. Cereal Chemistry, 77, 607-614;

50. Dziki D., Laskowski J., 2002. Wpływ nawożenia azotowego pszenicy na właściwości reologiczne ciasta. *Mat. XXXIII Sesji Nauk. Kom. Techn. i Chem. żywności PAN nt. „Nauka o żywności osiągnięcia i perspektywy”*. AR w Lublinie, 68;
51. Eliasson A.C., Lundh G.: Rheological and interfacial behaviour of some wheat protein fractions. *Journal of Texture Studies*, 20, 431-441, 1989;
52. Ellen J., 1993. Effects of plant density and nitrogen fertilization in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) 1. Production pattern and grain yield. *Netherlands J. Agric. Sci.*, 35, 135-153;
53. Fotyma M., Fotyma E., 1993. Struktura plonu zbóż ozimych zależnie od nawożenia azotem. *Fragm. Agron.*, 4(40), 101-102;
54. Frazer A.C., Fletcher R.F., Ross C.A.S., 1959. Gluten-induced enteropathy. The effect of partially digested gluten. *Lancet*, 2, 252-255;
55. Frazier P.J., Book review: Abdel-Aal E., Wood P., editors. 2005. *Speciality grains for food and feed.*, *Journal of Cereal Science*, 42, 135-137;
56. Gajęcki M., Jakimiuk E., Gajęcka M., Motyka J., Obremski K., Zielonka Ł., 2010. *Praktyczne metody zmniejszania mikotoksyn w pszach.*
57. Gálová Z., Knoblochová H., 2001. Biochemical characteristics of five spelt wheat cultivars (*Triticum spelta* L.). *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 4, 85-87;
58. Gardzewicz M., Zając T., 1999. Porównanie metod szacowania siły związku między plonem ziarna pszenżyta ozimego a jego elementami strukturalnymi. *Pam. Puł. Z 114*, 111-118;
59. Gąsiorowski H., 2004a. *Pszenica – chemia i technologia*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań 2004;
60. Gąsiorowski H., 2004b. *Pszenica orkisz – zboże ekologiczne*. *Przegl. Zboż. Młyn.* 2004, 5, 13-14;
61. Gragić D., Kavačević V., 1995. Terms of winter wheat (*Triticum aestivum*) sowing and their influence on yields. *Fragm. Agron.*, 2 (46), 142-143;
62. Grela E.R., 1996. Nutrient composition and content of antinutritional factors in spelt (*Triticum spelta* L.) cultivars. *J. Sci. Food.Agric.*, 71, 399-404;
63. Gromadzka K., Chełkowski J., Stępień Ł., Goliński P., 2008. Occurrence of zearalenone in wheat and maize grain in Poland. *Cereal Research Communications* 36B: 361-363;
64. Grzesiuk S., Kulka K., 1988. *Biologia ziarniaków zbóż*. PWN, Warszawa;

65. Harasim A., 1995. Wpływ niektórych czynników na plonowanie i pracochłonność uprawy pszenicy ozimej w warunkach produkcyjnych. *Pam. Puł.*, 106, 35-45;
66. Hay R. K. M., 1986. Sowing date and the relationships between plant and apex development in winter cereals. *Field Crop Res.*, 14, 321-333;
67. Hotsonyame G. H., Hunt L. A., 1997a. Sowing date and photoperiod effects on leaf appearance in field – grown wheat. *Can. J. Plant Sci.*, 69, 1193-1198;
68. Hotsonyame G. H., Hunt L. A., 1997b. Sowing date, photoperiod and nitrogen effects on specific leaf area of field – grown wheat. *Can. J. Plant Sci.*, 77, 51-61;
69. Inakuma T., Aibara S., Morita Y., 1989. The role of glutenin and gliadin in physical dough properties of wheat flour. Comparison of farinograph properties of durum and bread wheat flours (in Japanese). *Journal of Japanese Society of Food Science and Technology*, 36, 437- 447;
70. Jakubczyk T, Haber T., 1981. *Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Skrypt SGGW AR, Warszawa, 1994;*
71. Jakubczyk T, Haber T., 1981. *Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Skrypt SGGW AR, Warszawa, 1994;*
72. Johansson E., Prieto-Linde M.L., Jonsson J.O., 2001. Effects of wheat cultivar and nitrogen application on storage protein composition and breadmaking quality. *Cereal Chemistry*, 78, 19-25;
73. Yoshida S., 1972. Physiological aspects of grain yield. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 23, 473-464;
74. Jurga P., 1996. Mąka dla potrzeb specjalnych. *Przeł. Zboż. Młyn.*, 7, 11;
75. Kalinowska - Zdun M., 2005. Renesans pszenicy orkisz. *Przeł. Piek. Cukier.*, 2, 4-5;
76. Khan K., Tamminga G., Lukow O., 1989. The effect of wheat flour proteins on mixing and baking – correlations with protein fractions and high molecular weight glutenin subunit composition by gel electrophoresis. *Cereal Chemistry*, 66, 391-396;
77. Khatkar B.S., Schofield J.D., 1997. Molecular and physico-chemical basis of breadmaking properties of wheat gluten proteins: a critical appraisal. *Journal of Food Science and Technology, India*, 34, 85-102;
78. Kieloch R., Rola H., Sumińska J., Marczewski K., 2009. Chemiczna ochrona zbóż przed chwastami a jakość ziarna. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 49(2), 938-945;

79. Kim J.J., Kieffer R., Belitz H.D., 1988. Rheological properties of reconstituted wheat glutens containing differing properties of prolamin fractions from non-wheat cereals (in German). *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung*, 186, 16-21;
80. Klockiewicz-Kamińska E., 2001. Odmiany gwarancją jakości. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 6, 10- 11;
81. Klupczyński Z., Ralcewicz M., 1998. Wpływ nawożenia azotem na plon i wartość technologiczną wybranych odmian pszenicy ozimej. *Roczniki AR Poznań, Rolnictwo*, 52, 17-24;
82. Kohajdova Z., Karovicova J., 2008. Nutritional Value and Baking Applications of Spelt Wheat. Slovak University of Technology in Bratislava. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 7 (3), 5-14;
83. Konopka I., Abramczyk D., Rothkaehl J., Fornal Ł., Madej M., 2000. Porównanie cech reologicznych ciasta pszennego przy użyciu różnych aparatów pomiarowych. *Przegląd Zbożowo – Młynarski*, 44.06, 23-26;
84. Konopka I., Tańska M., Pszczołkowska A., Fordoński G., Kozirok W., Olszewski J., 2007. The Effect of Water Stress on Wheat Kernel Size, Color and Protein Composition. *Pol. J. Natur. Sc.*, 22 (2), 157-171;
85. Korbas M., Sulewska H., Horoszkiewicz-Janka J., 2011. Zasiadlenie ziarna przez grzyby i występowanie mikro toksyn w orkiszu pszenicznym. *Mat. konf. „Hodowla uprawa i wykorzystanie pszenicy orkisz w warunkach zmian klimatu”*, 15;
86. Kostecki Z., 2005. Jakość orkiszu z upraw ekologicznych ze zbiorów 2004 r. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 6, 14;
87. Krawczyk P., Ceglińska A., Izdebska K., 2008b. Porównanie właściwości reologicznych ciasta i jakości pieczywa otrzymanego z mąki orkiszu i pszenicy zwyczajnej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4 (59), 141 – 151;
88. Krawczyk P., Ceglińska A., Kardialik J., 2008a. Porównanie wartości technologicznej ziarna orkiszu z pszenicą zwyczajną. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 5 (60), 43-51;
89. Krochmal-Marczak B., Sawicka B., 2011. Wartość wypiekowa wybranych odmian ozimej pszenicy orkiszowej (*Triticum aestivum ssp. spelta*) uprawianych w warunkach Polski południowo-wschodniej. *Mat. konf. „Hodowla uprawa i wykorzystanie pszenicy orkisz w warunkach zmian klimatu”*, 16-17;
90. Kuś J., Jończyk K., 1997. Oddziaływanie wybranych elementów agrotechniki na plonowanie pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 3, 4-16;

91. Labuschagne, M. T., Elago, O., & Koen, E., 2009. Influence of extreme temperatures during grain filling on protein fractions, and its relationship to some quality characteristics in bread, biscuit, and durum wheat. *Cereal Chemistry*, 86, 61–66;
92. Lacko-Bartošova M., Otepka P., 2001. Evaluation of chosen yield components of spelt wheat cultivars. *J. Cent. Euro. Agric.*, 2 (3–4), 279–284;
93. Lacko-Bartošova M., Rédlová M., 2007. The significance of spelt wheat cultivated in ecological farming in the Slovak Republic. *Mat. Konf. Organic farming*, 79–81;
94. Lisowicz F., 2000. Occurrence of fusarium toxins in wheat grain depending on farming system in agriculture. In: *Mycotoxins and dioxins and the environment*. Bydgoszcz, 53-56;
95. Lomas J., 1995. Climate and agricultural production. *Mat. konf. Agrometeorology of the cereals*. IMiGW, Warszawa, 41-58;
96. Lundh G., Mac Ritchie F., 1989. Size exclusion HPLC characterization of gluten protein fractions varying in breadmaking potential. *Journal of Cereal Science*, 10, 247-253;
97. Luo C., Branlard G., Griffin W.B., McNeil D.L., 2000. The effect of nitrogen and sulphur fertilization and their interaction with genotype on wheat glutenins and quality parameters. *Journal of Cereal Science*, 31, 185-194;
98. MacRitchie F., 1999. Wheat proteins: characterization and role in flour functionality. *Cereal Foods World*, 44, 188-193;
99. Majewska K., Dąbkowska E., Żuk-Gołaszewska K., Tyburski J., 2007. Wartość wypiekowa mąki otrzymanej z ziarna wybranych odmian orkisz (Triticum spelta L.). *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2 (51), 60 – 71;
100. Majewska K., Żuk-Gołaszewska K., Tyburski J., Wiwart M., 2011. Wartość przemiałowa ziarna oraz właściwości wypiekowe mąki wybranych odmian orkisz ozimego z krajowej produkcji w kontrolowanych warunkach agrotechnicznych. *Mat. konf. „Hodowla uprawa i wykorzystanie pszenicy orkisz w warunkach zmian klimatu”*, 18-19;
101. Makowiecki J., 1985. Plonowanie pszenicy ozimej w zróżnicowanych warunkach przyrodniczych. PAN Kraków 1985;
102. Makowska A., Obuchowski W., Adler A., Sulewska H., 2008. Charakterystyka wartości przemiałowej i wypiekowej wybranych odmian orkisz. *Fragmenta Agronomica*, XXV, 1 (97), 228-239;

103. Marconi E., Carcea M., Schiavone M., Cubadda R., 2002. Spelt (*Triticum spelta* L.) pasta quality: combined effect of flour properties and drying conditions. *Cereal Chem.*, 79, 634-639;
104. Mazurek J., 1999. Biologiczne podstawy plonowania roślin zbożowych. *Pam. Puł.*, 114, 261-274;
105. Mazurek J., Podolska G., 1995. The model of canopy architecture of winter wheat depending on sowing time. *Fragm. Agron. Conference of European Society for Agronomy and Polish Society of Agrotechnical Sciences*, 2 (46), 188-189;
106. Mazurek J., Podolska G., 1995. Wpływ ilości wysiewu na plonowanie i strukturę plonu odmian pszenicy ozimej. *Biul. IHAR*, 194/195, 69-75;
107. Mesterházy Á., 2002. Role of deoxynivalenol in aggressiveness of *Fusarium graminearum* and *F. culmorum* and in resistance to *Fusarium* head blight *European Journal of Plant Pathology*, 108, 675-684;
108. Micelli F., Martin M. Zerbi G., 1992. Yield, quality and nitrogen efficiency in winter wheat fertilized with increasing N levels at different times. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 168, 337-344;
109. Mikhaylenko G.G., Czuchajowska Z., Baik B.K., Kidwell K.K., 2000. Environmental influences on flour composition, dough rheology and baking quality of spring wheat. *Cereal Chemistry*, 77, 507-511;
110. Mikos M., 2009. The effect of nitrogen fertilization on nutrient composition of spelt wheat. *Recenzný posudok na príspevok do Zborníka vedeckých prác doktorandov a mladých vedeckých „Mladí vedci 2009“*, Nitra
111. Mimouni B., Robin J.M., Azanza J.L., Raymond J., 1998. Wheat flour properties: isolation and functionality of gliadin and HMW glutenin enriched fractions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 78, 423-428;
112. Miś A., 2005. Wpływ wybranych czynników na wodochłonność i właściwości reologiczne pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.). *Rozprawy i monografie PAN*, 128;
113. Moudrý J., Dvořáček V., 1999. Chemical composition of grain of different spelt (*Triticum spelta* L.) varieties. *Rostlinná Výroba*, 45, 533-538;
114. Muller S., Wieser H., 1997. The location of disulphide bonds in monomeric γ -gliadins. *Journal of Cereal Science*, 26, 169-176;
115. Nowak W., Zbroszczyk T., Kotowicz L., 2004. Wpływ intensywności uprawy na niektóre cechy jakościowe ziarna odmian pszenic. *Pam. Puł.*, 135, 199-212;

116. Obuchowski W., 2000. Żywność funkcjonalna - aspekty technologiczne *Prz. Zboż. Młyn.*, 7, 33-34;
117. Ohm J.B., Chung O.K., 2002. Relationships of free lipids with quality factors in hard winter wheat flours. *Cereal Chemistry*, 79, 274-278;
118. Oliveira J., 2001. North Spanish emmer and spelt wheat landraces: agronomical and grain quality characteristic evaluation. *Plant Gen. Res. Newsletter (FAO/IPGRI)*, 125, 16-20;
119. Olszewski J., Podolska G., Pszczołkowska A., 2009. Stres biotyczny i abiotyczny oraz czynniki agrotechniczne a zawartość w nasionach ważnych roślin uprawnych białek powodujących nietolerancje pokarmowe. Dziuba J. Fornal Ł. (red.), *Praca zbiorowa. Biologicznie aktywne peptydy i białka żywności*. WNT, Warszawa, 388-408;
120. Ostrowska D., 1993. Orkisz pszeniczny cennym surowcem piekarskim. *Agrochemia*, 8, 11;
121. Pałys E., Kuraszkiewicz R., 2003. Wpływ terminów siewu na wybrane cechy i plon ziarna orkiszu (*Triticum aestivum ssp. spelta*). *Biul. IHAR*, 228, 71-80;
122. Pechanek U., Karger A., Groeger S., Charvat B., Schoeggel G., Lelley T., 1997. Effect of nitrogen fertilization on quantity of flour protein components, dough properties and breadmaking quality of wheat. *Cereal Chemistry*, 74, 800-805;
123. Peltonen J., Virtanen A., 1994. Effect of nitrogen fertilizers differing in release characteristics on the quantity of storage proteins in wheat. *Cereal Chemistry*, 71, 1-5;
124. Perkowski J., 1999. Badania zawartości toksyn fuzaryjnych w ziarnie zbóż. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. Rozprawy Naukowe*, 295;
125. Piech M., Stankowski S., 1989. Wpływ terminu siewu i ilości wysiewu na plonowanie i jakość ziarna odmian pszenicy ozimej. *Biul. IHAR*, 169, 137-146;
126. Piech M., Stankowski S., 1990. Reakcja odmian pszenicy ozimej, pszenżyta, żyta na termin siewu. *Biul. IHAR*, 176, 25-35;
127. Podolska G., 1997. Reakcja odmian i rodów 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, 163-168;
128. Podolska G., 1997. Reakcja odmian i rodów pszenicy ozimej na wybrane czynniki agrotechniczne. Cz. I. Wpływ gęstości siewu na plon i strukturę plonu nowych odmian i rodów pszenicy ozimej. *Biul. IHAR*, 204, 157-162;

- 129.Podolska G., 1999. Budowa i wydajność łanu pszenicy ozimej w zależności od wybranych czynników agrotechnicznych i modelu rośliny. Rozprawa habilitacyjna. 116, 1999;
- 130.Podolska G., 2003. Wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej w zależności od dawki nawożenia azotem. *Prz. Zboż. Młyn.* 6, 8-10;
- 131.Podolska G., 2007. Kształtowanie cech jakościowych ziarna pszenicy poprzez technologię produkcji. *Studia i raporty IUNG-PIB*, 9, 55-64;
- 132.Podolska G., 2011. Kształtowanie jakości ziarna pszenicy. *Więś Jutra*, 3-4 (152-153), 19-22;
- 133.Podolska G., Boguszewska E., Mikos M., Antoniak M., 2011. Wartość technologiczna ziarna i mąki pszenicy *Triticum spelta*, *Triticum durum* i *Triticum aestivum* w zależności od dawki azotu i niedoboru wody w glebie. *Mat. konf. „Hodowla uprawa i wykorzystanie pszenicy orkisz w warunkach zmian klimatu”*, 31-33;
- 134.Podolska G., Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Mikos M., Chrzanowski J., 2010. Wpływ sposobu aplikacji azotu na wartość technologiczną odmian pszenicy ozimej. *Pam., Puł.*, 152, 215-226;
- 135.Podolska G., Mazurek J., 1999. Budowa rośliny i łanu pszenicy ozimej w warunkach zróżnicowanego terminu siewu i sposobu nawożenia azotem. *Pam. Puł.*, 118, 479-490;
- 136.Podolska G., Mikos M., 2010. Technologia produkcji pszenicy orkisz. Instrukcja wdrożeniowa, IUNG-PIB, 221/2010;
- 137.Podolska G., Mikos M., 2010. Wady i zalety pszenicy orkisz. *Więś Jutra*, 4 (141), 21-22;
- 138.Podolska G., Ruszkowski M., 1991. Wpływ terminu siewu na strukturę plonu i architekturę łanów pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 2, 47-52;
- 139.Podolska G., Stankowski S., 2001. Plonowanie i jakość ziarna pszenicy w zależności od gęstości siewu i dawki nawożenia azotem. *Biul. IHAR*, 218/219, 127-136;
- 140.Podolska G., Stypuła G., 2002. Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej w zależności od sposobu ochrony przed chorobami i chwastami. *Pam. Puł.*, 130, 587-595;
- 141.Podolska G., Sułek A., 2002. Główne elementy technologii produkcji decydujące o wysokiej jakości ziarna pszenicy. *Pam. Puł.*, 130/1, 597-605;
- 142.Podolska G., Sułek A., Stankowski S., 2002. Obsada kłosów - podstawowy parametr plonotwórczy pszenicy ozimej (artykuł przeglądowy). *Acta Scient. Polon. Agricult.*, 1(2), 5-14;

- 143.Podolska G., Wyzińska M., 2009. Reakcja nowych odmian pszenicy ozimej na gęstość siewu i termin siewu. Polish Journal of Agronomy, 6, 45-53;
- 144.Porter J. R., 1984. A model of canopy development in winter wheat. J. Agric. Sci. Camb., 102, 385-392;
- 145.Prieto J.A., Kelfkens M., Weegels P.L., Hamer R.J., 1992. Variations in the gliadin pattern of flour and isolated gluten on nitrogen application. Implications for baking potential and rheological properties. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und Forschung, 194, 337-343;
- 146.Pruska-Kędzior A., Kędzior Z., Klockiewicz-Kamińska E., 2008. Comparison of viscoelastic properties of gluten from spelt and common wheat. European Food Res. Technol. 227(1), 199-207;
- 147.Rachoń L., 1999b. Porównanie plonowania i jakości jarej pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) oraz pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum ssp. vulgare*) przy opóźnionym terminie siewu. Mat. Konf., Środowiskowe i agrotechniczne uwarunkowania jakości produktów rolnych, 60–65;
- 148.Rachoń L., Szumiło G., 2009. Comparison of chemical composition of selected Winter wheat species. J. Elementol., 14 (1), 135-146;
- 149.Rachoń L., Szumiło G., Nita Z., 2009. Plonowanie ozimych rodów *Triticum durum* i *Triticum aestivum ssp. spelta* w warunkach okolic Lublina. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska Sect. E, Vol. LXIV (3), 101-109;
- 150.Rachoń L., Szumiło G., Stankowski S., Stankowski S., Sobolewska M., 2010. Ocena jakości trzech gatunków pszenicy ozimej w warunkach zróżnicowanej ochrony roślin. Pam., Puł., 152, 239-245;
- 151.Radomski G., Bać A., Mierzejewska S., 2007. Ocena porównawcza wartości wypiekowej maki pszennej i orkiszowej. Inż. Rol. 5(93), 369-374;
- 152.Ranhotra G. S., Gelroth J. A., Glaser B. K. Stallknecht G.F., 1996. Nutritional profile of three spelt wheat cultivars grown at five different locations. Cereal Chemistry, 73, 533-535;
- 153.Rudnicki F., 1998. Czynniki ograniczające plonowanie pszenicy w Polsce. Mat. Ogólnopolskiej konf. nauk. pt., Biologia plonowania, agrotechnika i wykorzystanie ziarna pszenicy. Puławy, 51-64;
- 154.Rudnicki F., 2000. Wyznaczanie wpływu poszczególnych elementów plonowania na różnice plonów między obiektami doświadczalnymi. Fragm. Agron., 3(67), 53-65;

155. Rügger A., Winzler H., 1993. Performance of spelt (*Triticum spelta* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) at two different seeding rates and nitrogen levels under contrasting environmental conditions. *J. Agronomy and Crop Sciences*, 170, 289-295;
156. Ruszkowski M., 1986. Plonowanie pszenicy ozimej w różnych warunkach siedliska i agrotechniki. *IUNG Puławy, R (214)*, 1-33;
157. Ruszkowski M., 1988. Obsada a produktywność roślin zbożowych. *Konf. Nauk. IUNG-PAN Puławy*, 7-25;
158. Schober T.J., Bean S.R., Kuhn M., 2006. Gluten proteins from spelt (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) cultivars: A rheological and size-exclusion high performance liquid chromatography study. *Journal of Cereal of Science*, 44, 161-173;
159. Selwet M., 2009. Grzyby patogeniczne i skażenie ziarna przez deoksyniwalenol w uprawie kukurydzy modyfikowanej genetycznie i odmian tradycyjnych. *Ekologia i technika*, 6, 276-280;
160. Selwet M., 2010. Negatywne aspekty wytypowania wybranych mikotoksyn w paszach. *Wiadomości Zootechniczne*, XLVIII, 1, 9-13;
161. Shah S.A., Harrison S.A., Boquet D.J., Colyer P.D., Moore S.H., 1994. Management effects on yield and yield components of late - planted wheat. *Crop Sci.* 34, 1298–1303;
162. Siemianowska E., Warechowska M., Skibniewska K., 2011. Jakość technologiczna mąki oraz ocena chleba z orkisz. *Mat. konf. „Hodowla uprawa i wykorzystanie pszenicy orkisz w warunkach zmian klimatu”*, 36-37;
163. Singh S., Gupta A.K., Gupta S.K., Kaur N., 2010. Effect of sowing time on protein quality and starch pasting characteristics in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes grown under irrigated and rain-fed conditions. *Food Chemistry*, 122, 559-565;
164. Stanisław A., 2006. *Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny. Tom I. Statystyki podstawowe. Wydawnictwo StatSoft Polska Sp. Z o.o., Kraków*;
165. Stankowski S., Hury G., Piskorska A., 2011. Porównanie plonu wybranych odmian i rodów orkiszu pszennego i pszenicy zwyczajnej. *Mat. konf. „Hodowla uprawa i wykorzystanie pszenicy orkisz w warunkach zmian klimatu”*, 41-42;
166. Stankowski S., Podolska G., Pacewicz K., 2004. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i jakość ziarna odmian pszenicy ozimej. *Ann. UMCS, Sect. E*, 59, 1363-1369;

167. Starczewski J., Koc G., Bombik A., 1995. Wpływ niektórych czynników agrotechnicznych na wysokość i jakość plonów zbóż ozimych. Mat. konf. Agrometeorology of the cereals. IMiGW Warszawa, 217-220;
168. Suchowilska E., Kandler W., Sulyok M., Wiwart M., Krska R., 2010. Mycotoxin profiles in the grain of *Triticum monococcum*, *Triticum dicoccum* and *Triticum spelta* after head infection with *Fusarium culmorum*. Journal of the Science and Food Agriculture, 90(4), 556-565;
169. Sulewska H., Koziara W., Panasiewicz K., Ptaszyńska G., 2008. Yielding of two pelt varieties depending on sowing date and sowing rate in Central Wielkopolska conditions. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 53 (4), 85-91;
170. Sulewska H., 2004. Wpływ wybranych zabiegów agrotechnicznych na plonowanie i skład chemiczny ziarna formy ozimej orkiszu pszennego (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*). Pam. Puł., 135, 285-293;
171. Sulewska H., Koziara W., 2011. Produkcyjność pszenicy *Triticum aestivum* ssp. *spelta* w Polsce – uwarunkowania genetyczne, siedliskowe i agrotechniczne. Mat. konf. „Hodowla uprawa i wykorzystanie pszenicy orkisz w warunkach zmian klimatu”, 43-44;
172. Sulewska H., Koziara W., Panasiewicz K., Ptaszyńska G., 2008. Plonowanie dwóch odmian ozimych orkiszu pszennego w zależności od terminu i ilości wysiewu w warunkach środkowej wielkopolski. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 53 (4), 85-91;
173. Sulewska H., Koziara W., Panasiewicz K., Ptaszyńska G., Morozowska M., 2008. Skład chemiczny ziarna oraz plon białka odmian ozimych orkiszu pszennego w zależności od wybranych czynników agrotechnicznych. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, Vol. 53 (4), 92-95;
174. Sulewska M., 2006. Powrót orkiszu, Farmer, 24, 24;
175. Szmigiel A., 1995. Wpływ nawożenia azotem na powierzchnię asymilacyjną liści i plonowanie pszenicy ozimej. Rocz. Nauk Rol., A (3-4), 59-67;
176. Szumiło G., Rachoń L., 2008. Reakcja wybranych gatunków pszenicy ozimej na termin siewu Annales UMCS, Vol. LXIII (4), Sect. E, 78-86;
177. Tanacs L., Matuz J., Gero L., Kovacs K., 1994. Effect of NPK fertiliser application and year on the valorigraphic quality of wheat cultivars (in Hungarian). Novenytermeles, 43, 195-203;

178. Tompkins, D.K., Fowler D.B., Wright. A.T., 1991. Water use by no-till winter wheat. Influence of seed rate and row spacing. *Agron. J.*, 83, 766-769;
179. Trajer M, Mieczkowski M., 2010. Rozwój rynku pszenicy orkisz w świetle koniunktury na żywność ekologiczną. *Biul. Inf. ARR 7*, 229, 34-37;
180. Troccoli A., Codianni P., 2005. Appropriate seeding rate for einkorn, emmer, and spelt grown under rained condition in southern Italy. *Eur. J. Agron.*, 22, 293-300;
181. Tuite J., 1979. Field and storage conditions for the production of mycotoxins and geographic distribution of some mycotoxin problems in the United States. *Pardue Agricult. Exp. Station J.*, 7259;
182. Tyburcy A. (tłum.), 2005. Wzrost znaczenia orkisz w przetwórstwie zbożowym. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 7, 32-33;
183. Tyburski J., Babalski M., 2006. Uprawa i przetwórstwo pszenicy orkisz. CDR RADOM, ISBN 83-60185-26-3 ISBN 978-83-60185-26-1;
184. Uthayakumaran S., Gras P.W., Stoddard F.L., Bekes F., 1999. Effect of varying protein content and glutenin-to-gliadin ratio on the functional properties of wheat dough. *Cereal Chemistry*, 76, 389-394;
185. Vrkoc F., Vach M., Skala J., 1995. The effect of growing methods, sites and years on the nutrient content and baking quality of winter wheat grain (in Czech). *Rostlinna Vyroba*, 41, 315-319;
186. Wardlaw, I. F., 1994. The effect of high temperature on kernel development in wheat: Variability related to pre-heading and post heading conditions. *Australian Journal of Plant Physiology*, 21, 731-739;
187. Warechowska M., Warechowski J., Tyburski J., Siemianowska E., 2011. Ocena wartości przemiałowej ziarna orkisz. *Mat. konf. „Hodowla uprawa i wykorzystanie pszenicy orkisz w warunkach zmian klimatu”*, 45-46;
188. Weegels P.L., Marseille J.P., Bosveld P., Hamer R.J., 1994. Large-scale separation of gliadins and their bread-making quality. *Journal of Cereal Science*, 20, 253-264;
189. Weiser H., 2001. Comparative investigations of gluten proteins from different wheat species. III. N-terminal amino acid sequences of α -gliadins potentially toxic for coeliac patients, *Eur. Food Res. Technol*, 213, 183-186;
190. Wieser H., 2000. Comparative investigations of gluten proteins from different wheat species. I. Qualitative and quantitative composition of gluten protein types. *Eur. Food Res. Technol.*, 211, 262-268;

191. Wieser H., Seilmeier W., 1998. The influence of nitrogen fertilization on quantities and proportions of different protein types in wheat flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76, 49-55;
192. Winzeler H., Schmid J.E., Winzeler M., 1994. Analysis of the yield potential and yield components of F1 and F2 hybrids of crosses between wheat (*Triticum aestivum* L.) and spelt (*Triticum spelta* L.). *Euphytica* 74, 211-218;
193. Wrigley C.W., 1996. Giant proteins with flour power. *Nature*, 381, 738-739;
194. Wróbel E., Szempliński W., 1999. Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej nawożonej zróżnicowanymi dawkami azotu. *Pam. Puł.* 118, 463-469;
195. Yi C., Kaul H.P., Kübler E., Schwadorf K., Aufhammer W., 2001. Head blight (*Fusarium graminearum*) and deoxynivalenol concentration in winter wheat as affected by pre-crop soil tillage and nitrogen fertilisation. *Z. Pflanzenk. Pflanzen.*, 108, 217-230;
196. Yoshida C., Danno G., 1989. Effect of water soluble fraction on the viscoelasticity of wheat gluten. *Agricultural and Biological Chemistry*, 53, 121-128;
197. Zieliński H., Ceglińska A., Michalska A., 2008. Bioactive compounds in spelt bread. *European Food Research and Technology*. 226, 537-544;
198. Żuk-Gołaszewska K., Tyburski J., Majewska K., Wiwart M., 2011. Jakość ziarna ozimej pszenicy orkisz uprawianej w systemie rolnictwa ekologicznego. *Mat. konf. „Hodowla uprawa i wykorzystanie pszenicy orkisz w warunkach zmian klimatu”*, 47-48;