

**Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
Państwowy Instytut Badawczy w Puławach**

Zakład Uprawy Roślin Zbożowych

dr inż. Alicja Sułek

Rozprawa habilitacyjna pt.:

**WPLYW WYBRANYCH CZYNNIKÓW
AGROTECHNICZNYCH I SIEDLISKOWYCH
NA PLONOWANIE I JAKOŚĆ ZIARNA
PSZENICY JAREJ**

w formie cyklu publikacji naukowych

Puławy 2013

Praca habilitacyjna pt.:

„Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych i siedliskowych na plonowanie i jakość ziarna pszenicy jarej”,

w formie monotematycznego cyklu publikacji naukowych:

1. Podolska G., **Sułek A.** (50%), Dziuba J., Konopka I. 2006. Wpływ stresu suszy na plonowanie i zawartość związków alergizujących w nasionach pszenicy jarej odmiany Nawra. Roczn. AR Poznań, Rolnictwo 380(66): 297-304.
2. **Sułek A.** (60%), Podolska G., Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A. 2007. Wpływ terminu stosowania fungicydu Amistar 250 SC na plon i cechy jakościowe ziarna pszenicy jarej odmiany Nawra. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 47(2): 352-355.
3. **Sułek A.** (100%). 2007. Wpływ wielkości nasion na dynamikę wschodów i plonowanie pszenicy jarej. Fragm. Agron., 2(94): 307-314.
4. **Sułek A.** (95%), Podolska G. 2007. Wpływ herbicydu na plonowanie i cechy jakościowe oraz kształtowanie się poszczególnych frakcji białka w ziarnie pszenicy jarej odmiany Nawra. W: Wybrane zagadnienia z zakresu alergenów nasion zbóż i roślin strączkowych. Red. Ł. Fornal. Wyd. Nauk. PTT, Kraków. ISBN 978-83-924646-3-1: 89-96.
5. **Sułek A.** (95%), Podolska G. 2008. Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy jarej odmiany Nawra w zależności od dawki i terminu stosowania azotu. Acta Sci. Pol., Agricultura, 7(1): 103-110.
6. **Sułek A.** (60%), Podolska G., Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A. 2008. Wpływ herbicydu Sekator 6,25 WG na plon i cechy jakościowe ziarna pszenicy jarej odmiany Nawra. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 48(2): 678-681.
7. **Sułek A.** (100 %), 2009. Wpływ terminu siewu i terminu zbioru na plonowanie oraz zawartość białka w ziarnie pszenicy jarej odmiany Nawra. Fragm. Agron., 26(2): 138-144.
8. **Sułek A.** (70%), Filipiak K. 2009. Plonowanie i cechy jakościowe ziarna pszenicy jarej w rejonie południowo-wschodnim. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 542: 71-77.
9. **Sułek A.** (100 %) 2010. Wpływ warunków glebowych na plonowanie i jakość ziarna pszenicy jarej odmiany Nawra. Pam. Puł., 152: 277-285.

10. **Sułek A.** (80%), Szeleźniak E. 2010. Reakcja odmian pszenicy jarej na wybrane herbicydy. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 50(2): 832-836.
11. **Sułek A.** (90%), Grabiński J. 2011. Wpływ stosowania fungicydu Amistar 250 S.C. na plonowanie i elementy struktury plonu pszenicy jarej. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 51(3): 1389-1392.

Wprowadzenie

Pszenica zwyczajna (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*) jest jedną z najważniejszych roślin zbożowych zarówno w Polsce, jak i na świecie. Wynika to z jej wysokiego poziomu plonowania, cennego składu chemicznego oraz wyjątkowych właściwości technologicznych ziarna, co czyni ją niezastąpionym surowcem do produkcji mąki i wypieku pieczywa. Wykorzystanie konsumpcyjne pszenicy wymaga surowca o wysokich walorach jakościowych, spełniających wymagania technologiczne związane z dalszym jego wykorzystaniem. Zatem celem producentów pszenicy jest osiągnięcie nie tylko wysokiego plonu ale również wysokiej jakości ziarna. Zadanie to nie jest łatwe. Świadczą o tym duże wahania plonowania w latach jak i zróżnicowanie jakości otrzymywanego ziarna. Jest to spowodowane tym, że zarówno na poziom plonowania jak i wartość technologiczną ziarna wpływa wiele czynników (odmiana, przebieg pogody, warunki siedliska, agrotechnika) oraz ich wzajemne interakcje.

Zależność poziomu plonowania pszenicy jarej od czynników agrotechnicznych jest dość dobrze poznana. W dostępnej literaturze (Mazurek i Kuś 1991, Sułek i Mazurek 2001, Sułek i in. 2007, Wróbel 1999) określono wpływ warunków siedliska (gleba), terminu siewu, gęstości siewu, dawki azotu na poziom plonowania jednocześnie wskazując, które z cech struktury plonu i budowy ładu w największym stopniu ograniczają plonowanie pszenicy przy niekorzystnym poziomie czynników.

Pomimo wielu przeprowadzonych badań (Cacak-Pietrzak i in. 2010, Podolska i Sułek 2002, Sułek i Cacak 2008) wpływ czynników agrotechnicznych na wartość technologiczną ziarna pszenicy jarej nie został do końca rozpoznany. Jedną z przyczyn jest fakt, że wartość technologiczna (przemiałowa i wypiekowa) zależy od zespołu cech, które często ujemnie z sobą korelują, zatem poprawa jednej cechy może skutkować pogorszeniem innej.

Zawartość białka, a przede wszystkim ilość glutenu i jego jakość oraz wskaźnik sedymentacyjny są to podstawowe cechy wartości wypiekowej. Dostępna literatura (Achremowicz 1995, Bly i Woodard 2003, Woolfolk i in. 2002, Sułek i in. 2004)

jednoznacznie wskazuje na istotnie dodatni wpływ wysokiej dawki azotu na zawartość białka, ilość wymytego glutenu oraz wartość wskaźnika sedymentacyjnego, ujemną natomiast na jakość glutenu określoną przez indeks glutenu lub rozplýwalność. Przyczyny tych zmian nie są do końca rozpoznane. Wydaje się, że istotny wpływ na pogorszenie jakości glutenu może mieć zmiana wzajemnych proporcji białek tworzących gluten (gliadyn do glutenin) wywołana czynnikami agrotechnicznymi. Z rolniczego punktu widzenia istotne jest określenie do jakiego poziomu można zwiększyć dawkę azotu by otrzymać wysoki poziom plonowania, przy jednocześnie dużej ilości glutenu o dobrej jakości.

Środki ochrony roślin i ich znaczenie jako czynników plonochronnych jest dobrze opisany w literaturze przedmiotu. W warunkach silnego nasilenia występowania patogena powodują zwyżkę plonu sięgającą do 30% (Korbas i Mrówczyński 2009), natomiast w warunkach nie wystąpienia patogena ich działanie na roślinę może być nawet ujemne, głównie poprzez niekorzystny wpływ substancji aktywnej na procesy fizjologiczne i biochemiczne zachodzące w roślinie (Klimont i Osiecka 2004, Różański 1992). Wpływ środków ochrony roślin na wartość technologiczną ziarna pszenicy jest niejednoznaczny, wyniki badań bardzo często są sprzeczne (Dimmoc i Gooding 2002, Domaradzki i Sekutowski 2004, Gil i in. 2004, Sułek i in. 2009). Większość herbicydów wpływa na gospodarkę azotową roślin ingerując jednocześnie w syntezę białka. W konsekwencji prowadzić to może do podwyższenia lub obniżenia zawartości białka w ziarnie zbóż (Banaszkiewicz 1993, Lichtenehaler 1996). Wyniki badań sugerują, że wpływ ten związany jest nie tylko z substancją aktywną stosowanego preparatu, ale również z występowaniem interakcji substancja aktywna – genotyp – pogoda.

Innym aspektem badań nad jakością ziarna pszenicy jest aktywność enzymów amylolitycznych oceniana na podstawie liczby opadania. Parametr ten jest bardzo istotny w technologii piekarstwa, ponieważ dla właściwego przebiegu fermentacji ciasta ważne jest, aby ilość enzymów amylolitycznych była na odpowiednim poziomie. Zbyt duża aktywność, a co za tym idzie małe wartości liczby opadania eliminują przydatność piekarską surowca. Wyróżnik ten w największym stopniu uzależniony jest od warunków pogody panujących w okresie dojrzewania ziarna oraz odmiany. Dane literaturowe dotyczące wpływu czynników agrotechnicznych na aktywność enzymów amylolitycznych ziarna pszenicy są rozbieżne. Niektórzy autorzy (Budzyński i in. 2004, Nowak i in. 2004) uważają, że wzrost nawożenia azotem w przypadku niektórych odmian pszenicy powoduje wzrost liczby opadania. Zależność ta jednak nie znalazła potwierdzenia w badaniach innych autorów (Cacak-Pietrzak i Sułek 2007, Podolska 2003). Rozbieżność wyników sugeruje, że występuje silna interakcja

między odmianami i dawkami azotu w kształtowaniu tego parametru. Literatura przedmiotu jest uboga w opracowania dotyczące wpływu warunków glebowych i siedliska na wartości liczby opadania.

Hipoteza badawcza i cel badań

W badaniach postawiono hipotezę roboczą, że czynniki agrotechniczne (termin siewu, nawożenie azotem, środki ochrony roślin) oraz warunki siedliskowe determinują plonowanie, elementy struktury plonu i wartość technologiczną ziarna pszenicy jarej poprzez wpływ na wyróżniki wartości przemiałowej, wypiekowej oraz skład jakościowy poszczególnych grup białek.

Istotne jest określenie poziomu czynników plonotwórczych i plonochronnych warunkujących uzyskanie wysokiego plonu ziarna o korzystnych parametrach jakości. W celu wyeliminowania interakcji odmiany z czynnikami badania powinny być prowadzone na tej samej odmianie. W związku z tym w badaniach uwzględniono głównie odmianę Nawra, cechującą się wysoką plennością (98-105% wzorca), bardzo dobrą jakością ziarna wynikającą z dużej zawartości białka i ilości glutenu, wysokiej liczby opadania, niskiej rozplywalności glutenu oraz bardzo dobrej wymiałości.

Podstawę uzyskanych wyników stanowią badania przeprowadzone w oparciu o doświadczenia wazonowe i mikroplotkowe w Stacji Doświadczeń Wegetacyjnych IUNG-PIB w Puławach, oraz doświadczenia polowe zlokalizowane w SD Puławy – Osiny, RZD IUNG-PIB: Kępa-Puławy, Borusowa i Sadłowice oraz ODR Końskowola. Warunki prowadzenia poszczególnych eksperymentów, zakres prac doświadczalnych oraz oznaczeń polowych i laboratoryjnych został szczegółowo omówiony w metodykach badań prac dokumentujących osiągnięcie naukowe.

Dla zweryfikowania hipotezy roboczej wyznaczono trzy cele szczegółowe obejmujące:

1. Skwantyfikowanie zakresu wpływu podstawowych czynników plonotwórczych (jakość nasion, dostępność wody, nawożenie azotem, termin siewu) i plonochronnych (ochrona przed chorobami i chwastami) oraz siedliskowych na wydajność ziarna pszenicy jarej.
2. Ocena związku wartości technologicznej ziarna pszenicy jarej z wybranymi czynnikami agrotechnicznymi i siedliskowymi.

3. Ocenę wpływu abiotycznych czynników stresowych na skład ilościowy i jakościowy białek decydujących o wartości technologicznej ziarna pszenicy jarej.

Ad. 1. Skwantyfikowanie zakresu wpływu podstawowych czynników plonotwórczych (jakość nasion, dostępności wody, nawożenie azotem, termin siewu) i plonochronnych (ochrona przed chorobami i chwastami) oraz siedliskowych na wydajność ziarna pszenicy jarej

Jednym z ważnych czynników plonotwórczych roślin zbożowych jest jakość materiału siewnego. O jakości tej decyduje przede wszystkim stopień kwalifikacji, czystość, zdrowotność, zdolność kiełkowania oraz dorodność, określona na podstawie masy ziarniaka, lub jego wielkości (Szał 1998). Badania wskazują, że ziarno dorodne ma wyższą zdolność kiełkowania, odznacza się większym wigorem siewek i większą produktywnością (Sułek i Podolska 2004).

W związku z powyższym podjęto badania dotyczące wpływu wielkości nasion (materiału siewnego) na dynamikę wschodów, plon ziarna z jednostki powierzchni i kształtowanie się elementów struktury plonu pszenicy jarej. Ocenę taką prowadzono w doświadczeniu mikropoletkowym w latach 2000-2002. Czynnikiem doświadczenia była dorodność nasion. Uwzględniono 7 poziomów czynnika: a_1 - materiał kwalifikowany (dostępny w handlu) a_2 - nasiona drobne (1,8 – 2,2 mm), a_3 – nasiona średnie (2,2 – 2,5 mm), a_4 – nasiona duże (>2,5 mm), a_5 - drobne (50%) + średnie (50%), a_6 - duże (50%) + drobne (50%), a_7 - duże (50%) + średnie (50%). Odpowiednią wielkość nasion do badań zapewniono przez sortowanie materiału siewnego na sitach Vogla.

Dynamika i wskaźnik wschodów polowych zależały od wielkości nasion i warunków pogodowych panujących w okresie siewu nasion i wschodów roślin. Lepsze zarazem wyrównane wschody stwierdzono, gdy była wysoka temperatura w okresie od siewu nasion do wschodów roślin. Stwierdzono zależność wielkości plonu z jednostki powierzchni i elementów jego struktury od wielkości nasion wziętych do badań. Plon ziarna otrzymany z wysiewu materiału kwalifikowanego (niefrakcjonowanego) był większy o 30,6 % niż z nasion drobnych (1,8–1,2 mm), o 18,6 % od uzyskanego z nasion średnich (2,2 -2,5 mm) i o 4,7 % niż z nasion dużych (>2,5mm). Również plon z nasion drobnych + średnich, dużych + drobnych i dużych + średnich był odpowiednio niższy o 19,2; 16,0 i 13,7 % od plonu uzyskanego z materiału kwalifikowanego. Wielkość wysiewnych nasion powodowała różnicowanie liczby kłosów z jednostki powierzchni,

masy ziarna i liczby ziaren z kłosa oraz rozkrzewienia produkcyjnego. Najwyższe wartości tych cech stwierdzono na obiektach z nasionami kwalifikowanymi i dużymi, natomiast niższe na obiekcie obsianym nasionami drobnymi. Wielkość materiału siewnego nie powodowała istotnych zmian masy 1000 ziaren i liczby roślin na jednostce powierzchni. Współczynniki korelacji wskazują, że plon ziarna był istotnie skorelowany z masą ziarna z kłosa i masa 1000 ziaren, głównie na obiektach, gdzie wysiano nasiona kwalifikowane, drobne, średnie, duże + drobne i duże + średnie. W przypadku użycia do siewu nasion dużych i drobnych + średnich plon ziarna był istotnie skorelowany z liczbą roślin z jednostki powierzchni. Ponadto plon ziarna z nasion drobnych + średnich wykazywał istotną ujemną korelację z rozkrzewieniem produkcyjnym.

Susza jest jednym z czynników środowiska, oddziałujących na roślinę w jej cyklu życiowym, który może doprowadzić do zaburzeń procesów biochemicznych i fizjologicznych, a nawet śmierci rośliny (Kacperska 1991). W celu poznania reakcji pszenicy jarej na stres suszy podjęto badania wazonowe w warunkach kontrolowanych. Prowadzone przeze mnie badania nad wpływem stresu suszy na produktywność pszenicy jarej wskazują, że silnie reaguje ona na niedobór wody. Niedobór wody w glebie trwający od fazy krzewienia do fazy dojrzałości pełnej powodował istotne obniżenie masy ziarna z wazonu, które wynosiło 35% w stosunku do uzyskanej na obiekcie kontrolnym. Spadek plonu był związany z redukcją cech struktury plonu i budowy rośliny pod wpływem niedoboru wody w podłożu. Stres suszy powodował, w stosunku do obiektu kontrolnego, zmniejszenie liczby ziaren z rośliny i z kłosa, masy ziarna z rośliny oraz liczby kłosów z wazonu. Zmniejszył się istotnie plon biologiczny, masa słomy z rośliny i indeks plonu. Z określonych cech budowy rośliny istotnej redukcji pod wpływem stresu suszy ulegała długość źdźbła.

Powyższe badania wykazały, że problem niedoboru wody jest istotnym czynnikiem ograniczającym plonowanie pszenicy jarej, co zmniejsza możliwość rozszerzenia jej uprawy na gleby słabsze. W celu udowodnienia tej tezy przeprowadzono badania modelowe na parcelach glebowych z uwzględnieniem różnych typów i rodzajów gleb, zaliczanych do I, II, IIa, IIb, IVa i IVb klasy bonitacyjnej. Badania potwierdziły wcześniejsze dane literaturowe o istotnym wpływie warunków glebowych na poziom plonowania pszenicy jarej. Stwierdzono również istotne zróżnicowanie poziomu plonowania pszenicy jarej w zależności od warunków pogodowych w poszczególnych latach badań. W roku o umiarkowanych opadach najwyższy poziom plonowania pszenicy uzyskano na glebie zaliczonej do kompleksu pszennego dobrego (less) i pszennego bardzo

dobrego (czarna ziemia), natomiast najniższe plony osiągnięto na glebie kompleksów pszennego wadliwego (rędzina) i żytniego dobrego (gleba brunatna właściwa). W roku suszy istotnie wyższy plon uzyskano na glebie zaliczanej do kompleksów pszennego dobrego (less), natomiast na pozostałych glebach plon nie różnił się istotnie. Wyniki wskazują, że czynnikiem limitującym poziom plonowania pszenicy jarej jest dostępność wody. W latach o średniej ilości opadów i dobrym ich rozkładzie, nawet na glebach lżejszych można uzyskać zadowalające plony.

Istotny wpływ siedliska na plonowanie pszenicy odmiany Nawra potwierdzono w badaniach polowych. W zależności od rejonu uprawy różnica w poziomie plonowania wynosiła $2,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Bardzo ważnym elementem agrotechniki pszenicy jarej był termin siewu, który wpływał istotnie na plonowanie i elementy struktury plonu ziarna. Opóźnienie terminu siewu o dwa tygodnie powodowało istotny spadek plonu ziarna od 31 do 46% w zależności od roku prowadzenia badań. Niekorzystne oddziaływanie opóźnionego terminu siewu na plon pszenicy jarej związane było z istotnym zmniejszeniem krzewistości produkcyjnej roślin. Skutkiem opóźnionego terminu siewu było obniżenie masy ziarna z rośliny i kłosa oraz liczby ziaren z rośliny i kłosa. Opóźniony termin siewu powodował obniżenie masy 1000 ziaren, lecz nie była to różnica statystycznie udowodniona.

Jednym z głównych czynników agrotechnicznych decydujących o wysokości plonu ziarna pszenicy jarej jest nawożenie azotem. Zróżnicowanie poziomu nawożenia azotem miało wpływ na plon ziarna pszenicy jarej odmiany Nawra. Stwierdzono zróżnicowanie w poziomie plonowania w zależności od dawki azotu, natomiast sposób podziału dawki nie miał wpływu na jej wydajność, zarysowała się jednak tendencja wyższego plonowania przy dwukrotnej aplikacji azotu. Największy plon ziarna uzyskano stosując azot w ilości $180 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, w dwóch terminach ($90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ – przed siewem i $90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ – w fazie strzelania w źdźbło). Plon był istotnie wyższy w porównaniu z osiągniętym na obiektach, gdzie azot stosowano w dawce $90 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, w dwu i trzech terminach. Różnica w poziomie plonowania wynosiła odpowiednio $0,67$ i $0,89 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Stosując wyższą dawkę azotu w dwóch terminach uzyskano większą liczbę kłosów, masę ziarna z rośliny, liczbę ziaren z rośliny i z kłosa.

Środki ochrony roślin są nieodzownym elementem technologii produkcji zbóż, jako czynnik plonochronny. W warunkach dużego nasilenia występowania patogena wpływają istotnie na poziom uzyskiwanych plonów. Jednym z często stosowanych zabiegów agrotechnicznych jest wykorzystanie herbicydów do ograniczenia zachwaszczenia.

Herbicydy mogą powodować zakłócenia w przebiegu wielu procesów życiowych roślin uprawnych, co przyczynia się do zmian morfologicznych rośliny i strat w plonach (Rola i in. 2000).

W związku z tym podjęto badania ściśle w celu poznania reakcji pszenicy jarej na wybrane herbicydy. W badaniach uwzględniono herbicydy zróżnicowane pod względem rodzaju substancji aktywnej: Puma Universal 069 WG (fenoksaprop – P-etylowy + mefenpyr dietylowy) – w dawce 1,0 l·ha, Sekator 6,25 WG (jodosulfuron metylosodowy + amidosulfuron) – 0,2 l·ha, Chwastox Extra 300 SL (MCPA) – 3,5 l·ha oraz obiekt kontrolny bez stosowania herbicydów. Stwierdzono, że przebieg pogody w latach badań miał istotny wpływ na działanie herbicydów. Herbicydy Puma Universal 069 EW oraz Sekator 6,25 WG nie wpłynęły ujemnie na morfologię roślin pszenicy jarej, natomiast Chwastox Extra 300 SL spowodował zwijanie blaszek liściowych, ale tylko w warunkach niedoboru wilgoci w glebie. Herbicydy powodowały obniżenie plonowania pszenicy jarej tylko w roku z okresowymi niedoborami opadów.

W warunkach dużego nasilenia występowania patogena herbicydy wpływają istotnie na poziom uzyskiwanych plonów. Potwierdziły to prezentowane badania. Herbicyd Sekator 6,25 WG (jodosulfuron metylosodowy + amidosulfuron) zastosowany w fazie pełni krzewienia pszenicy zwiększył plon ziarna o 14% w stosunku do osiągniętego na obiekcie kontrolnym. Wzrost wielkości plonu wynikał z większej liczby roślin i kłosów na jednostce powierzchni, większej masy 1000 ziaren i plonu ziarna z kłosa.

Jednym ze sposobów ochrony zasiewów pszenicy przed chorobami grzybowymi jest stosowanie fungicydów. Porażenie pszenicy przez patogeny grzybowe może być przyczyną znacznych strat w plonie, a ponadto stwarza zagrożenie kumulacji w ziarnie mikotoksyn. Z badań własnych wynika, że po zastosowaniu fungicydu Amistar 250 SC (azoksystrobina) w dawce 1 l·ha⁻¹, zarówno w fazie liścia flagowego, jak i fazie zawiązywania nasion uzyskano wyższe plony ziarna pszenicy jarej. W porównaniu z obiektem kontrolnym plon wzrósł o 15,4% (faza liścia flagowego) i o 10,3% (faza zawiązywania nasion). Przyrost plonu ziarna z jednostki powierzchni wynikał ze wzrostu plonu ziarna z rośliny i kłosa oraz zwiększenia masy 1000 ziaren.

Publikacje: 1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11.

Ad.2. Ocena związku wartości technologicznej ziarna pszenicy jarej z wybranymi czynnikami agrotechnicznymi i siedliskowymi

Pszenica jest podstawowym zbożem towarowym, a jej ziarno musi charakteryzować się odpowiednimi parametrami jakościowymi. Z analizowanych czynników agrotechnicznych, które uwzględniono w prowadzonych eksperymentach wynika, że na wartość technologiczną ziarna pszenicy jarej największy wpływ miało nawożenie azotem. Zawartość białka i ilość glutenu w ziarnie były cechami istotnie modyfikowanymi zarówno przez dawkę, jak i termin stosowania azotu. Najwyższą zawartością białka, w tym białek glutenowych cechowało się ziarno pochodzące z obiektu, na którym zastosowano azot w dawce $180 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ i aplikowano go w trzech terminach ($60 \text{ N}\cdot\text{ha}^{-1}$ – przed siewem, $60 \text{ N}\cdot\text{ha}^{-1}$ – w fazie strzelania w źdźbło i $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ – w fazie kłoszenia). Zawartości tych składników były istotnie wyższe niż w ziarnie pochodzącym z obiektu nawożonego taką samą dawką azotu, ale zastosowaną w dwóch terminach. Różnica w ilości glutenu mokrego, wskaźnika sedymentacyjnego i ogólnej zawartości białka wynosiła odpowiednio: 1,8; 1,1 i 0,4 punktu procentowego. Dawka i sposób nawożenia azotem nie miały istotnego wpływu na masę 1000 ziaren, jakość glutenu (indeks glutenowy) oraz aktywność enzymów amylolitycznych (liczba opadania).

Środki ochrony roślin mogą powodować zmiany w procesach fizjologicznych i biochemicznych zachodzących w roślinie, szczególnie w metabolizmie azotanowym, a tym samym wpływać na skład chemiczny ziarna. Z badań własnych wynika, że zastosowany w uprawie pszenicy jarej herbicyd Sekator 6,25 WG (jodosulfuron metylosodowy + amidosulfuron) w dawce $0,3 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ nie wpływał istotnie na cechy chemiczne ziarna (zawartość białka, ilość i jakość glutenu, zawartość popiołu, aktywność enzymów amylolitycznych) oraz na cechy fizyczne ziarna (gęstość w stanie usypowym, masa 1000 ziaren, celność i wyrównanie, twardość).

W badaniach nad wpływem różnych terminów stosowania fungicydu Amistar 250 SC (azoksystrobina) w dawce $1 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ stwierdzono brak ujemnego wpływu tego preparatu na cechy fizyczne i skład chemiczny ziarna. Jedynie po zastosowaniu preparatu w fazie zawiązywania nasion zaznaczyła się tendencja wzrostowa ilości glutenu o 1,1 % w odniesieniu do stwierdzonego na obiekcie kontrolnym. Nieznacznie większą dorodnością (masą 1000 ziaren, celnością i wyrównaniem) w stosunku do obiektu kontrolnego cechowało się ziarno po zastosowaniu preparatu Amistar 250 SC (azoksystrobina) w fazie liścia flagowego, jednak była to różnica nie udowodniona statystycznie. Zawartość białka,

ilość wymytego glutenu, zawartość popiołu, a także aktywność enzymów amylolitycznych zależały istotnie od roku zbioru. Ziarno pochodzące z 2005 roku charakteryzowało się większą zawartością białka ogółem (wartości średnie odpowiednio 15,6 i 14,1%) oraz białek glutenowych (wartości średnie odpowiednio: 31,5 i 27,6%), co wynikało z korzystnych warunków pogodowych panujących w czasie dojrzewania ziarna (mała ilość opadów, wysoka temperatura i duże nasłonecznienie).

Badania przeprowadzone w warunkach kontrolowanych nad wpływem stresu suszy na cechy jakościowe ziarna pszenicy jarej wskazują, że brak wilgoci w glebie powoduje zmiany w składzie chemicznym ziarna. Stres suszy utrzymujący się na poziomie 30% ppw. od fazy krzewienia do fazy dojrzałości pełnej powodował wzrost zawartości białka ogółem i ilości glutenu, natomiast jakość glutenu mierzona indeksem glutenowym uległa istotnemu pogorszeniu. Konsekwencją tego był brak wpływu stresu suszy na wartość wskaźnika sedymentacyjnego – pośredniego wyróżnika ilości i jakości glutenu.

Badania prowadzone na parcelach wypełnionych różnymi glebami, a więc w tych samych warunkach pogodowych wskazują, że jakość gleby w istotny sposób wpływała na poszczególne wyróżniki wartości wypiekowej pszenicy jarej. W obu latach badań jakość gleby miała wpływ na zawartość białka, ilość glutenu, wartości wskaźnika sedymentacyjnego oraz masę 1000 ziaren. Najwięcej białka ogółem oraz białek glutenowych zawierało ziarno pszenicy uprawianej na rędzinie należącej do kompleksu pszennego wadliwego i glebie brunatnej właściwej należącej do kompleksu żytniego dobrego. Natomiast najmniej na glebie należącej do kompleksu pszennego dobrego (less i mada). Jakość ziarna pszenicy z uprawy na glebie zaliczanej do kompleksu pszennego bardzo dobrego (czarna ziemia) była pośrednia. Warunki glebowe nie miały wpływu na jakość glutenu i aktywność enzymów amylolitycznych ziarna. Wpływ jakości gleby na cechy jakościowe ziarna pszenicy jarej potwierdzają również badania polowe prowadzone w odmiennych warunkach pogodowych. Z badań tych wynika, że warunki siedliska różnicowały cechy jakościowe ziarna pszenicy jarej. Ziarno pszenicy uprawianej na najlepszych glebach cechowało się dużą masą 1000 ziaren i wartościami wskaźnika sedymentacji, ale niższą jakością glutenu. Badania wykonane w różnych rejonach Polski udowodniły, że jakość ziarna istotnie zależy od czynników siedliska. Pszenica odmiany Nawra uprawiana w Stacji Doświadczalnej Osiny należącej do IUNG-PIB w Puławach charakteryzowała się większą zawartością białka, ilością glutenu, wskaźnika sedymentacyjnego niż uprawiana w RZD Borusowa (rejon Nowego Korczyna).

Publikacje: 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9.

Ad.3.Ocena wpływu abiotycznych czynników stresowych na skład ilościowy i jakościowy białek decydujących o wartości technologicznej ziarna pszenicy jarej

W celu udowodnienia hipotezy o wpływie stresów abiotycznych na skład ilościowy i jakościowy białek decydujących o wartości technologicznej przeprowadzono badania z oddziaływaniem stresu suszy i substancji aktywnej herbicydu Sekator 6,25 WG (jodosulfuron metylosodowy + amidosulfuron) w dawce $0,3 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ na skład frakcyjny białek ziarna pszenicy jarej odmiany Nawra. Skład frakcyjny białek uzyskanych w wyniku rozdziału chromatograficznego HPLC wykazał, że pod wpływem czynnika stresowego udział poszczególnych grup frakcji białek uległ zmianie. Stwierdzono zmniejszenie zawartości albumin i globulin o 1,8% oraz 1% wzrost zawartości gliadyn i glutenin, co wskazuje na zwiększenie zawartości białek zapasowych. Analiza jakościowa wykazała zwiększenie pod wpływem stresu frakcji α -gliadyn. Ocenę zmian jakościowych białek przeprowadzono analizując wyniki elektroforezy 2D. W próbkach ziarna pszenicy z uprawy o optymalnej wilgotności podłoża wyróżniono 64 spoty gliadyn; a w ziarnie pszenicy rosnącej w warunkach stresu wyróżniono 77 spotów. Z podanej liczby spotów, analizie poddano białka zaliczane do frakcji α -gliadyny. Liczba spotów α gliadyny wynosiła 18 (próbki ziarna przy 60% ppw) i 21 (próbki ziarna z 30% ppw). Porównanie liczby spotów wskazuje na zwiększenie się liczby spotów α - gliadyny w białku pszenicy Nawra rosnącej w warunkach stresu suszy, w porównaniu ze stwierdzoną przy optymalnym uwilgotnieniu gleby.

Badania własne wskazują, że zastosowany herbicyd Sekator 6,25 WG (jodosulfuron metylosodowy + amidosulfuron) w dawce $0,3 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ nie miał wpływu na ogólną zawartość białka, powodował natomiast zmiany ilościowe poszczególnych grup białek. Po jego zastosowaniu wzrastał udział albumin i globulin, malał glutenin, a gliadyny nie ulegały zmianie.

Publikacje: 1, 4.

Podsumowanie

- Badania pozwoliły skwantyfikować poziom czynników agrotechnicznych w uprawie pszenicy jarej odmiany Nawra, umożliwiając osiągnięcie wysokiego plonu ziarna o korzystnych parametrach wartości technologicznej.
- Wielkość wysiewanych ziarniaków miała wpływ na uzyskiwany plon ziarna pszenicy jarej. Największy plon otrzymano z ziarniaków dużych, kwalifikowanych i dużych + średnich, mniejszy z nasion średnich, drobnych i dużych + drobnych a najmniejszy z nasion drobnych.
- Udowodniono, że stosowanie środków ochrony roślin – herbicyd Sekator 6,25 WG (jodosulfuron metylosodowy + amidosulfuron) i fungicyd Amistar 250 SC (azoksystrobina) w zasiewach pszenicy Nawra było korzystne, bowiem wpływało na wzrost poziomu plonowania, nie powodując negatywnego wpływu na cechy jakościowe ziarna.
- Herbicydy Puma Univerasal 069 WG (fenoksaprop – P-etylowy + mefenpyr dietylowy) oraz Sekator 6,25 WG (jodosulfuron metylosodowy + amidosulfuron) nie wpłynęły ujemnie na morfologię roślin pszenicy jarej. Natomiast Chwastox Extra 300 SL (MCPA) spowodował zwijanie blaszek liściowych, ale tylko w warunkach niedoboru wilgoci w glebie.
- Niedobór wody na poziomie 30% ppw. w okresie od krzewienia do dojrzałości pełnej pszenicy jarej wpływał niekorzystnie na poziom plonowania, natomiast korzystnie na zawartość białka i ilość glutenu oraz negatywnie na jakość glutenu poprzez wzrost frakcji α -gliadyny.
- Udowodniono wpływ rejonu uprawy na poziom plonowania i jakość ziarna pszenicy jarej. Pszenica uprawiana w województwie małopolskim (RZD Borusowa) charakteryzowała się najwyższym plonowaniem ale gorszymi parametrami jakości ziarna w odniesieniu do pszenicy uprawianej w województwie lubelskim (SD Osiny).
- Plon ziarna pszenicy jarej zależał od jakości gleby; najwyższy poziom plonowania osiągnano na glebach zaliczanych do kompleksów pszennego bardzo dobrego i pszennego dobrego, a najniższy na glebie kompleksu żytniego dobrego.
- Zróżnicowanie poziomu nawożenia azotem miało wpływ na wielkość plonu ziarna i cechy jego jakości. Najwyższy plon uzyskano po zastosowaniu dawki $180 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ aplikowanej w dwóch terminach: 90 kg – przed siewem i 90 kg w fazie strzelania w

źdźbło. Zwyżka plonu ziarna była efektem większej liczby i masy ziarna z rośliny. Najkorzystniejsze wskaźniki jakości ziarna stwierdzono u pszenicy nawożonej azotem w dawce $180 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ aplikowanej w trzech terminach ($60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ – przed siewem, $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ – w fazie strzelania w źdźbło i $60 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ – w fazie kłoszenia).

- Opóźnienie siewu o dwa tygodnie w stosunku do optymalnego terminu w danym roku powodowało zmniejszenie plonu ziarna z jednostki powierzchni w rezultacie istotnego obniżenia obsady kłosów, plonu i liczby ziaren z rośliny oraz masy i liczby ziaren z kłosa, a jednocześnie przyczyniło się do wzrostu zawartości białka w ziarnie.

Literatura cytowana

1. Achremowicz B., Borkowska H., Styk B., Grundas S. 1995. Wpływ nawożenia azotowego na jakość glutenu pszenicy jarej. *Biul. IHAR*, 193: 29-34.
2. Banaszekiewicz T. 1993. Zachowanie się herbicydów w roślinach. *Fragm. Agron.*, 1: 72-80.
3. Bly A.G., Woodard H.J. 2003. Nitrogen management. *Agron., J.*, 95: 335 -338.
4. Budzyński W., Borysewicz J., Bielski S. 2004. Wpływ poziomu nawożenia azotem na plonowanie i jakość technologiczną ziarna pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 2: 33-44.
5. Cacak-Pietrak G., Sułek A. 2007. Wpływ poziomu nawożenia azotem na plonowanie i jakość technologiczną ziarna pszenicy jarej. *Biul. IHAR*, 245: 47-55.
6. Cacak-Pietrak G., Sułek A., Gondek E., Sułek A. 2010. Plonowanie oraz cechy jakościowe ziarna nowych odmian pszenicy jarej w zależności od poziomu nawożenia azotem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 553: 11-19.
7. Dimmock J.P., Gooding M.J. 2002. The effects of fungicides on Hagberg falling number and backpoint in winter wheat. *Crop. Protect.*, 21: 475-487.
8. Domaradzki K., Sekutowski T. 2004. Wpływ terminów nawożenia azotem i herbicydami na regulację zachwaszczenia i niektóre cechy jakościowe ziarna pszenicy ozimej. *Progr. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 44 (20): 657- 660.
9. Gil Z., Narkiewicz-Jodko M., Urban M. 2004. Wpływ herbicydów na wartość przemiałową ziarna i wypiekową maki odmian pszenicy ozimej. *Progr. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 44 (2): 683-685.
10. Kacperska A. 1991. Odporność roślin na stresowe abiotyczne czynniki środowiska i środowiska. *Post. Nauk Rol.*, 2: 21-32 .
11. Klimont K., Osiecka A. 2004. Wpływ herbicydów na plon ziarna i cechy morfologiczne zbóż. *Biul. IHAR*, 223: 59-71.
12. Korbas M., Mrówczyński M. (red). 2009. Integrowana produkcja pszenicy ozimej i jarej. IOR – PIB Poznań, ss. 166.

13. Lichtenehaler H.K. 1996. Vegetation stress: an introduction to the stress concept in plants. *J. Plant. Physiol.*, 148: 4-11.
14. Mazurek J., Kuś J. 1991. Wpływ nawożenia azotem, terminu siewu i ilości wysiewu na plonowanie pszenicy jarej uprawianej po różnych przedplonach i na różnych glebach. Cz. II. *Biul. IHAR*, 177: 137-143.
15. Nowak W., Zbroszczyk T., Kotowicz L. 2004. Wpływ intensywności uprawy na niektóre cechy jakościowe ziarna odmian pszenicy. *Pam. Puł.*, 135: 199-211.
16. Podolska G., Sułek A. 2002. Główne elementy technologii produkcji decydujące o wysokiej jakości ziarna pszenicy. *Pam. Puł.*, 130: 597-605.
17. Podolska G. 2003. Wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej w zależności od dawki nawożenia azotem. *Przegl. Zboż. Młyn.*, 47(6): 12-14.
18. Rola H., Domaradzki K., Kieloch R. 2000. Wpływ herbicydów na plonowanie pszenicy ozimej. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 40(1): 380-386.
19. Różański L. 1992. Przemiany pestycydów w organizmach żywych i w środowisku. PWRiL. Warszawa.
20. Sułek A., Mazurek J. 2001. Wpływ podstawowych czynników agrotechnicznych na plon i cechy plonotwórcze nowych odmian pszenicy jarej. *Biul. IHAR*, 220: 69-79.
21. Sułek A., Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A. 2004. Wpływ różnych sposobów aplikacji azotu plon, elementy jego struktury oraz wybrane cechy jakościowe ziarna odmian pszenicy jarej. *Ann. UMCS, Sect. E, Agricultura*, 59(2):543-551.
22. Sułek A., Podolska G. 2004. Wpływ wielkości nasion na wartość siewną, plonowanie i budowę przestrzenną łanu pszenżyta ozimego. *Pam. Puł.*, 135: 306-315.
23. Sułek A., Podolska G., Leszczyńska D., Noworolnik K. 2007. Reakcja odmian zbóż na nawożenie azotem. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 9: 29-36.
24. Sułek A., Cacak-Pietrzak G. 2008. Kształtowanie się cech jakościowych ziarna odmian pszenicy jarej w zależności od nawożenia azotem. *Fragm. Agron.*, 1(97): 400-409.
25. Sułek A., Cacak-Pietrzak G., Szeleźniak E., Nieróbca P. 2009. Wpływ herbicydów stosowanych w warunkach kontrolowanych na plon i jakość ziarna odmian pszenicy jarej. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin*, 49(1): 1391-1395.
26. Szał B. 1989. Zróżnicowanie wielkości ziarniaków w kwalifikowanym materiale siewnym zbóż. *Pozn. Tow. Przyj. Nauk*, 67: 177-186.
27. Woolfolk C.W., Raun W.R., Johanson C.V., Thomason W.E., Mullen R.W., Wynn K.J., Freman K.W. 2002. Influence of late-season foliar nitrogen applications on yield and grain nitrogen in winter wheat. *Agron. J.* 9: 429-434.
28. Wróbel E. 1999. Reakcja pszenicy jarej na dawkę i termin stosowania azotu. *Pam. Puł.*, 118: 448-454.