

**Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
Państwowy Instytut Badawczy w Puławach
Zakład Uprawy Roślin Zbożowych**

dr inż. Bogusława Jaśkiewicz

Rozprawa habilitacyjna pt.:

**STUDIA NAD WZROSTEM I PLONOWANIEM
PÓŁKARŁOWEGO PSZENŻYTA OZIMEGO**

Puławy 2013

Podstawą do uzyskania stopnia doktora habilitowanego jest cykl dziewięciu monotematycznych, oryginalnych prac naukowych z lat 2007-2010 wchodzących w skład rozprawy habilitacyjnej pod tytułem: „**Studia nad wzrostem i plonowaniem półkarłowego pszenżyta ozimego**”.

Cykl publikacji wchodzących w skład rozprawy habilitacyjnej:

1. **Jaśkiewicz B.** 2007. Wskaźnik pokrycia liściowego (LAI) pszenżyta ozimego w zależności od jego obsady i nawożenia NPK. *Acta Agrophysica*, 10(2), 373-383.
2. **Jaśkiewicz B.** 2007. Dynamika wzrostu roślin pszenżyta ozimego odmian Woltario i Krakowiak w zależności od gęstości siewu. *Biuletyn IHAR*, 245, 95-100.
3. **Jaśkiewicz B.** 2008. Dynamika akumulacji suchej masy przez rośliny pszenżyta ozimego odmiany Fidelio w warunkach zróżnicowanej gęstości siewu i nawożenia azotem. *Acta Agrophysica*, 12(1): 103-113.
4. **Jaśkiewicz B.** 2008. Wpływ gęstości siewu i nawożenia azotem na plonowanie pszenżyta ozimego odmiany Fidelio. *Acta Agrophysica*, 12(2), 381-393.
5. **Jaśkiewicz B.** 2008. Wpływ intensywności nawożenia i gęstości siewu na plonowanie pszenżyta ozimego odmiany Woltario. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 7(2): 41-50.
6. **Jaśkiewicz B.** 2009. Indeks zazielenienia liści (SPAD) pszenżyta ozimego w zależności od jego obsady i nawożenia NPK. *Acta Agrophysica*, 13(1), 131-141.
7. **Jaśkiewicz B.** 2009. Wpływ gęstości siewu i sposobu nawożenia azotem na plonowanie i cechy morfologiczne pszenżyta ozimego odmiany Woltario. *Biuletyn IHAR*, 252, 169-177.
8. **Jaśkiewicz B.** 2009. Plonowanie pszenżyta ozimego odmiany Woltario w zależności od gęstości siewu i sposobu nawożenia azotem. *Acta Agrophysica*, 13(3), 705-712.
9. **Jaśkiewicz B.** 2010. Wybrane parametry łanu pszenżyta ozimego odmiany Fidelio w zależności od gęstości siewu i nawożenia azotem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 556, cz. I: 127-133.

Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników

Pszenżyto zajmuje istotną część ogólnego areалу zasiewów zbóż w Polsce i ciągle wpływa istotnie na bilans zbożowy kraju. Jest plenniejsze od żyta powszechnie uprawianego na glebach lekkich i kwaśnych. Dostarcza ziarna o znacznie lepszych cechach jakościowych od żyta (Biskupski 1987, Kuś i Smagacz 1992, Sokół 1993, Ceglińska i in. 1999). Pasza z pszenżyta została doceniona przede wszystkim w rejonach o dużej koncentracji produkcji zwierzęcej, tj. w Wielkopolsce i w województwie kujawsko-pomorskim (Oleksiak 2000, Jaśkiewicz 2003).

Nowo zarejestrowane odmiany pszenżyta obok licznych zalet, charakteryzują się stosunkowo niską mrozoodpornością oraz dużą podatnością na wyleganie (Banaszak 2004). Wady te starano się usuwać w programach hodowlanych. Poprawę odporności na wyleganie osiągnięto głównie poprzez skracanie słomy uzyskując w rezultacie plenne odmiany półkarłowe Fidelio wpisaną do rejestru w roku 1997, a w roku 2000 Woltario.

Sukces popularyzacji uprawy nowego zboża - pszenżyta ozimego był również wynikiem opracowania w Zakładzie Uprawy Roślin Zbożowych IUNG technologii produkcji tego gatunku (Szempliński i in. 1994, Mazurek i in. 1998, Jaśkiewicz 2002). Jednak opracowania te i idące w ślad za nimi wdrożenia dotyczyły odmian o słomie długiej lub nieco skróconej. Wyhodowanie formy półkarłowej wywołało potrzebę opracowania agrotechniki nowego typu morfologicznego pszenżyta.

Półkarłowe odmiany pszenżyta ozimego Fidelio i Woltario charakteryzuje wysoki potencjał plonowania połączony z dużą odpornością na wyleganie, co związane jest między innymi z mniejszą długością ich pędów w stosunku do form tradycyjnych (Wolski i in. 1996). Z badań wazonowych wynika, że wykorzystują one dobrze wysokie nawożenie azotem (Mazurek i Jaśkiewicz 1998).

W badaniach ścisłych (2002) stwierdziłam, że pszenżyto ozime odmiany Woltario efektywnie wykorzystuje nawożenie azotem w dawce $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Wiadomo z licznych opracowań, między innymi Byszewskiego (1977), Foxa i in. (1994), Czuby (1979), Mercika (2004) i Rozbickiego (1997), że przedsięwzięte nawożenie azotem decyduje o obsadzie kłosów, a wnoszone w okresie krzewienia lub początku strzelania w źdźbło - o liczbie ziaren w kłosie i wykształceniu ziarna, zaś stosowane w fazie kłoszenia - głównie o zawartości białka w ziarnie. Aby poznać mechanizm działania azotu u pszenżyta półkarłowego w okresie wegetacji podjęłam badania nad różnym sposobem aplikacji dawki tego składnika.

O stanie odżywienia roślin azotem informuje zawartość chlorofilu w organach roślinnych. Według Wood i in. (1992) zależność ta jest bardzo ścisła. Zdaniem Blackmera i in. (1994) wzrastające nawożenie azotem wpływa na zawartość chlorofilu w liściach, ale do pewnych granic. Dalsze jego zwiększanie nie powoduje wzrostu zawartości chlorofilu w żywych komórkach. Niedobór nawozu azotowego roślina sygnalizuje jaśniejszym kolorem liści starszych i żółknięciem na ich końcach. Roślina przyspiesza wytworzenie organów generatywnych, produkuje jednak mało kwiatów i wydaje niski plon (Czuba 1979, Mercik 2004). Zwiększenie zaopatrzenia w azot aktywizuje procesy wzrostu. W literaturze brak jest informacji na temat zmian zawartości chlorofilu w roślinach form półkarłowych pszenżyta w zależności od czynników agrotechnicznych.

Innym parametrem opisującym łan zbożowy jest indeks liściowy (LAI). Jest to stosunek powierzchni liści do jednostki powierzchni obsianego gruntu (Nieróbca i in. 1996, Pietkiewicz 1985, Russel i in. 1994). Charakteryzuje on wielkość powierzchni organów roślin zdolnych do absorbowania promieniowania, od którego zależy fotosynteza (Bezdużniak 1997, Nalborczyk i in. 1995), a więc pośrednio także przyrosty nadziemnej masy oraz plon ziarna. Woźniak i in. (2005) uważają, że w późniejszych fazach rozwoju wielkość LAI jest modyfikowana przez konkurencję o składniki pokarmowe i światło. W efekcie łany o mniejszej obsadzie roślin nierzadko mają w fazie kłoszenia większy LAI niż łany gęsto siane. Zdaniem Gontarza (2006) wartość tych wskaźników zależy od przedplonu i poziomu agrotechniki. W literaturze mało spotyka się doniesień o zmianach wartości LAI w okresie wegetacji pszenżyta ozimego w zależności od czynników agrotechnicznych.

Głównym organem asymilującym rośliny pszenżyta są liście. Ich liczba, powierzchnia oraz czas trwania aktywności asymilacyjnej są wprawdzie uwarunkowane genetycznie, jednak w dużym stopniu zależą także od warunków środowiska i agrotechniki (Cutforth i in. 1992, Górecki i Grzesiuk 2002, Grabiński 1995, Jaśkiewicz 1995, Nalborczyk i in. 1995). W dużej mierze decydują o wielkości plonu biologicznego (Nalborczyk i in. 1995).

Plon suchej masy roślin z jednostki powierzchni jest wypadkową liczby roślin oraz ich masy. W badaniach Grabińskiego (1995) plon suchej masy roślin z jednostki powierzchni zwiększał się pod wpływem nawożenia azotem (niezależnie od ilości wysiewu nasion), ponieważ korzystnie oddziaływało na stopień rozkrzewienia roślin, a tym samym na liczbę i masę liści. W badaniach własnych (1995) stwierdziłam, że masa pojedynczej rośliny pszenżyta tradycyjnego pochodzącego z siewów rzadkich była wyższa od uzyskiwanej w

siewach gęstych, natomiast masa roślin z jednostki powierzchni była wyższa niż na obiektach o mniejszej ilości wysiewu. Lemaire i Gastal (1997) zauważyli, że rośliny nie mogą być tylko rozpatrywane jako cały łan, który wymienia energię ze środowiskiem zewnętrznym, ale również jako populacja pojedynczych roślin, które oddziałują na siebie wzajemnie w warunkach koniecznych ograniczeń i źródeł energii. Justes i in. (1994) oraz Rozbicki (1997) stwierdzili wyższą zawartość azotu w małej biomase roślin na jednostce powierzchni, gdyż łan roślin nie jest zwarty, a wzajemne zacienianie się i konkurencja roślin o światło jest mała.

Reasumując należy stwierdzić, że literatura dotycząca wpływu agrotechniki na plonowanie pszenżyta jest bogata, ale brak jest badań nad uwzględnieniem wpływu czynników agrotechnicznych na wzrost, rozwój, parametry łanu i plonowanie pszenżyta półkarłowego. Rośliny pszenżyta w łanie chociaż należą do jednego gatunku lub odmiany różnią się znacznie wzrostem i rozwojem i morfologią wskutek indywidualnej reakcji na warunki siedliska. Oczekuje się, że forma półkarłowa pszenżyta ozimego w warunkach polowych będzie efektywnie wykorzystywała wyższe nawożenie azotem, na co wskazują wstępne badania wazonowe przeprowadzone w IUNG (Jaśkiewicz 2002) oraz informacje COBORU (2000) odnośnie zwiększonej odporności tej formy na wyleganie. Z doświadczeń mikropoletkowych wynika także, że u odmian półkarłowych istnieje możliwość uzyskania dużej obsady kłosów już przy mniejszej ilości wysiewu nasion. Poza tym, niższe rośliny powinny umożliwić uzyskanie większej obsady kłosów przez zwiększenie ilości wysiewu nasion lub przez pobudzenie do intensywnego krzewienia produkcyjnego wskutek nawożenia azotem. Mniejsza wysokość roślin, inne tempo krzewienia, odmienny pokrój roślin sprawiają, że spodziewać się trzeba innych wymagań agrotechnicznych tej formy pszenżyta.

Hipoteza badawcza i cel badań

- Założono, że półkarłowe pszenżyto ozime mające odmienną budowę morfologiczną i charakteryzujące się zwiększoną odpornością na wyleganie będzie reagowało inaczej na niektóre czynniki agrotechniczne niż jego formy tradycyjne. Dlatego przeprowadzono cykl badań nad określeniem zabiegów uprawowych istotnych dla optymalizacji wzrostu i rozwoju roślin oraz parametrów łanu, które w rezultacie

pozwolą na osiągnięcie optymalnej obsady kłosów i zadowalającego poziomu plonowania pszenżyta półkarłowego.

Celami szczegółowymi pracy było:

- 1) określenie zmian w budowie morfologicznej roślin pszenżyta ozimego półkarłowego i tradycyjnego w początkowych fazach rozwojowych w warunkach zróżnicowanego zagęszczenia roślin na jednostce powierzchni;
- 2) określenie zmian w cechach morfologicznych pszenżyta półkarłowego odmiany Woltario w zależności od gęstości siewu i sposobu nawożenia azotem;
- 3) określenie zmian w akumulacji suchej masy przez rośliny pszenżyta półkarłowego odmiany Woltario i Fidelio oraz tradycyjnej odmiany Krakowiak w warunkach zróżnicowanej gęstości siewu oraz nawożenia azotem (dla odmiany Fidelio);
- 4) określenie optymalnego wskaźnika LAI i odczytów SPAD pszenżyta półkarłowego odmiany Fidelio i Woltario w warunkach zróżnicowanej gęstości siewu, nawożenia azotem i NPK;
- 5) ustalenie optymalnego poziomu czynników agrotechnicznych sprzyjających uzyskiwaniu wysokich plonów ziarna pszenżyta półkarłowego.

Badania przeprowadzono w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach, w latach 1997-2005 – w oparciu o doświadczenia mikropoletkowe oraz polowe.

W pierwszym doświadczeniu mikropoletkowym porównano dynamikę wzrostu i rozwoju (w początkowych fazach wzrostu) pszenżyta krótkosłomowego odmiany Woltario i długosłomowego odmiany Krakowiak przy różnej obsadzie roślin po wschodach (200, 300, 400 szt. $\cdot$ m⁻²). W drugim doświadczeniu mikropoletkowym badano dynamikę gromadzenia masy roślin, określono parametry łanu i plonowania pszenżyta krótkosłomowego odmiany Woltario w zależności od obsady roślin po wschodach (100, 200 i 300 szt. $\cdot$ m⁻²) oraz poziomu nawożenia NPK (160, 260, 360 kg $\cdot$ ha⁻¹).

W doświadczeniu polowym założonym z odmianą Fidelio, uwzględniono 4 ilości wysiewu nasion (150, 250, 350 i 450 szt. $\cdot$ m⁻²) i 5 poziomów nawożenia azotem (0, 40, 80, 120, 160 kg $\cdot$ ha⁻¹), natomiast w drugim eksperymencie polowym, uwzględniono 4 gęstości

siewu nasion odmiany Woltario (100, 200, 300, 400 szt. $\cdot$ m⁻²) i 3 sposoby nawożenia azotem w dawce 120 kg $\cdot$ ha⁻¹.

Wyniki

1. Określenie zmian w budowie morfologicznej roślin pszenżyta ozimego półkarłowego i tradycyjnego w początkowych fazach rozwojowych w warunkach zróżnicowanego zagęszczenia roślin na jednostce powierzchni

W badaniach skoncentrowałam się na analizie cech morfologicznych w początkowych fazach wzrostu (2-3 liście, 4-5 liści, 5-7 pędów i w fazie drugiego kolanka) dwóch form pszenżyta ozimego wymagających zróżnicowanej gęstości siewu. Informacje o wymaganej ilości wysiewu nasion tych odmian uzyskałam z wcześniej przeprowadzanych badań mikropoletkowych z nowo wyhodowanymi odmianami pszenżyta ozimego. Istotne różnice w badanych cechach morfologicznych stwierdziłam od fazy 2-go kolanka, gdy rośliny były już większe i warunki świetlne pogorszyły się w łanie wraz ze wzrostem zagęszczenia roślin na jednostce powierzchni. W warunkach gęstych siewów nasion (4 mln szt. $\cdot$ ha⁻¹) udział średniej długości pędów u odmiany Woltario był mniejszy o 5% niż u odmiany Krakowiak. Liczba liści z rośliny u odmiany Woltario obniżyła się o 43% przy gęstości siewu nasion 4 mln szt. $\cdot$ ha⁻¹ w porównaniu do występującej w warunkach najmniejszej gęstości siewu nasion 2 mln szt. $\cdot$ ha⁻¹ (przyjęta za 100%), natomiast u odmiany Krakowiak o 29%.

Stwierdziłam, że odmiana Woltario (wymagająca rzadkich siewów) do fazy 5-7 pędów miała więcej liści i pędów z rośliny oraz dłuższe pędy aniżeli odmiana Krakowiak wymagająca siewów gęstych. Poza tym odmiana Woltario wykazała się większym tempem wzrostu roślin w początkowych fazach wzrostu w porównaniu do odmiany Krakowiak. Ponadto odmiana Krakowiak nie zareagowała tak dużą redukcją liczby liści i pędów, jak rośliny odmiany Woltario. Na tej podstawie stwierdziłam, że odmiana Krakowiak łatwiej przystosowuje się do sąsiedztwa roślin i konkurencji w łanie.

Publikacja: Jaśkiewicz B. 2007. Dynamika wzrostu roślin pszenżyta ozimego odmian Woltario i Krakowiak w zależności od gęstości siewu. *Biuletyn IHAR*, 245, 95-100.

2. Określenie zmian w cechach morfologicznych pszenżyta półkarłowego odmiany Woltario w zależności od gęstości siewu i sposobu nawożenia azotem

Liczba pędów pszenżyta odmiany Woltario w poszczególnych fazach była uzależniona głównie od gęstości siewu, natomiast zastosowane sposoby nawożenia azotem w dawce 120 kg N·ha⁻¹ nie różnicowały tej cechy. Zwiększanie gęstości siewu w zakresie 100 - 400 ziaren na m² przyczyniało się do zmniejszania liczby pędów i liści z rośliny. Średnio dla wszystkich gęstości siewu w fazie dojrzałości pełnej było o 15% mniej pędów z rośliny niż w fazie krzewienia. W fazie strzelania w źdźbło w warunkach gęstych siewów zastosowanych w badaniach (300 i 400 szt.·m⁻²) wypadło 12%, w fazie kłoszenia 29%, a w dojrzałości młeczej 34% pędów z rośliny w porównaniu do liczby pędów z rośliny w fazie krzewienia. Największą zmiennością charakteryzowała się liczba pędów z rośliny w fazie kłoszenia (37,7%). Najwięcej pędów stwierdziłam w fazie strzelania w źdźbło, tj. 4,4 szt., natomiast mniej rozkrzewione rośliny wystąpiły w fazach kłoszenia i dojrzałości młecznej. Liczba pędów i liści nie zależała od sposobu nawożenia azotem.

Z obliczeń statystycznych, w regresji liniowej uzyskałam wysokie współczynniki determinacji świadczące o tym, że plon ziarna pszenżyta odmiany Woltario zależał w znacznej mierze od liczby pędów i liści z rośliny. Przy gęstości siewu 200 ziaren na m² plon ziarna zależał aż w 56% od liczby pędów w fazie strzelania w źdźbło i wzrastał w kolejnych fazach rozwojowych do 72% w fazie dojrzałości młecznej. Największą zmiennością (39,4%) charakteryzowała się liczba liści z rośliny w fazie kłoszenia. Zakres zmienności wahał się w okresie wegetacji od 5 liści w fazie dojrzałości młecznej do 37 liści w fazie kłoszenia. Stwierdziłam, że liczba liści asymilujących na roślinie w fazie strzelania w źdźbło najsilniej decydowała o wielkości plonu ziarna. Wraz ze wzrostem zagęszczenia roślin na jednostce powierzchni liczba liści zielonych w coraz mniejszym stopniu wpływała na przyrost plonu ziarna. Optymalną liczbę pędów, tj. 4,4 szt. i liści zielonych (12 szt. z rośliny) stwierdziłam w fazie dojrzałości młecznej przy gęstości siewu nasion 200 szt.·m⁻², w takich warunkach uzyskałam najwyższy plon ziarna pszenżyta odmiany Woltario. Stwierdziłam na podstawie zależności regresyjnych między plonem ziarna a liczbą pędów i liści, że poprzez badane czynniki można kształtować plon ziarna z jednostki powierzchni.

Publikacja: Jaśkiewicz B. 2009. Wpływ gęstości siewu i sposobu nawożenia azotem na plonowanie i cechy morfologiczne pszenżyta ozimego odmiany Woltario. *Biuletyn IHAR*, 252, 169-177.

3. Określenie zmian w akumulacji suchej masy przez rośliny pszenżyta półkarłowego odmiany Woltario i Fidelio oraz tradycyjnej odmiany Krakowiak w warunkach zróżnicowanej gęstości siewu oraz nawożenia azotem (dla odmiany Fidelio)

W początkowych fazach wzrostu do fazy 2-go kolanka określałam suchą masę roślin z jednostki powierzchni odmiany Krakowiak (forma tradycyjna) i odmiany Woltario (forma półkarłowa) w warunkach zróżnicowanej gęstości siewu nasion (2, 3, 4 mln·ha⁻¹). Stwierdziłam, że sucha masa roślin z jednostki powierzchni przy gęstości siewu nasion 3 i 4 mln·ha⁻¹ w stosunku do przyjętej za 100% gęstości siewu nasion 2 mln·ha⁻¹, była wyższa odpowiednio o 23 i 36% (dla gęstości siewu nasion 4 mln·ha⁻¹) u odmiany Krakowiak niż u odmiany Woltario. W fazie 2-go kolanka sucha masa roślin z jednostki powierzchni obniżyła się o 4% u odmiany Woltario, natomiast wzrosła o 32% u Krakowiak. U odmiany Woltario (wymagającej mniejszej ilości wysiewu) w warunkach dużego zagęszczenia roślin na jednostce powierzchni nastąpiła redukcja efektywności asymilacji, co skutkowało obniżką suchej masy roślin. W następstwie obniżki liczby pędów i liści była redukcja plonu końcowego. Zróżnicowana obsada roślin nie spowodowała zmian w plonie ziarna, dlatego odmianę Woltario należy wysiewać rzadziej. Odmiana Krakowiak wydała istotnie wyższy plon ziarna przy gęstości siewu nasion 4 mln·ha⁻¹, ponieważ łatwiej przystosowuje się do sąsiedztwa roślin i konkurencji w łanie. U odmiany Woltario stwierdziłam intensywniejsze nagromadzenie suchej masy we wczesnych fazach rozwojowych niż u odmiany Krakowiak.

Publikacja: Jaśkiewicz B. 2007. Dynamika wzrostu roślin pszenżyta ozimego odmian Woltario i Krakowiak w zależności od gęstości siewu. *Biuletyn IHAR*, 245, 95-100.

Stwierdziłam, że sucha masa nadziemna pojedynczej rośliny wzrastała pod wpływem zwiększonego poziomu nawożenia azotem. W fazie dojrzałości pełnej na obiektach nawożonych azotem w ilości 80, 120 i 160 kg N·ha⁻¹ była odpowiednio wyższa o 35, 42, 58% niż na obiektach kontrolnych. W fazie dojrzałości pełnej stwierdziłam, że sucha masa rośliny

była kształtowana przez współdziałanie gęstości siewu i nawożenia azotem. W fazie dojrzałości pełnej nadziemna sucha masa pojedynczej rośliny wzrosła w warunkach gęstości siewu nasion 150 szt. $\cdot$ m⁻² pod wpływem dawki 40 kg N $\cdot$ ha⁻¹, przy gęstości siewu 250 szt. $\cdot$ m⁻² pod wpływem dawek 80 i 120 kg N $\cdot$ ha⁻¹ natomiast przy 350 i 450 szt. $\cdot$ m⁻² pod wpływem dawki 160 kg N $\cdot$ ha⁻¹. Wzrost gęstości siewu wymagał wyższego nawożenia azotowego. Generalnie wzrost gęstości siewu powodował zmniejszanie suchej masy pojedynczej rośliny pszenżyta odmiany Fidelio. Istotne różnice w suchej masie rośliny stwierdziłam pomiędzy obiektem nie nawożonym a dwoma obiektami z najwyższymi poziomami nawożenia 120 i 160 kg N $\cdot$ ha⁻¹.

Współczynnik zmienności dla suchej masy nadziemnej pojedynczej rośliny w poszczególnych fazach rozwojowych był najniższy w fazie krzewienia (35,5%) i wzrastał do fazy dojrzałości pełnej (66,5%). Stwierdziłam liniową zależność regresyjną w fazach rozwojowych między plonem ziarna pszenżyta ozimego a suchą masą pojedynczej rośliny. W fazie dojrzałości pełnej zmiany plonu w 44% zależały od wielkości suchej masy części nadziemnej roślin.

Publikacja: Jaśkiewicz B. 2008. Dynamika akumulacji suchej masy przez rośliny pszenżyta ozimego odmiany Fidelio w warunkach zróżnicowanej gęstości siewu i nawożenia azotem. *Acta Agrophysica*, 12(1), 103-113.

4. Określenie optymalnego wskaźnika LAI i odczytów SPAD pszenżyta półkarłowego odmiany Fidelio i Woltario w warunkach zróżnicowanej gęstości siewu, nawożenia azotem i NPK

Wskaźnik LAI był uwarunkowany poziomem nawożenia NPK i obsadą roślin odmiany Woltario w całym okresie wegetacyjnym. Przy najniższej obsadzie roślin (100 szt. $\cdot$ m⁻²) wartości wskaźnika LAI niezależnie od wielkości nawożenia NPK były podobne. Natomiast w warunkach zagęszczenia roślin (200 i 300 szt. $\cdot$ m⁻²) wartości tego wskaźnika istotnie zwiększały się pod wpływem wzrastającego poziomu nawożenia NPK w zakresie 160 - 360 kg $\cdot$ ha⁻¹. Tłumaczyć ten fakt należy konkurencją roślin na jednostce powierzchni o składniki pokarmowe. Wskaźnik LAI od fazy rozwojowej strzelania w źdźbło do dojrzałości młeczej wzrastał wraz z obsadą roślin. W fazie strzelania w źdźbło średnia jego wartość wynosiła

3,29. Największa jego wartość wystąpiła w fazie kłoszenia tj. 3,94 jednostek. Wartości te należy uznać za optymalne, ponieważ przy tych wskaźnikach stwierdziłam najwyższy (istotnie) poziom plonowania pszenżyta.

W następnych fazach rozwojowych wskaźnik LAI przyjmował niższe wartości. Przyczyną tego była redukcja powierzchni asymilacyjnej roślin, wynikająca z osiągnięcia przez nie fazy dojrzałości pełnej. Liście zamierały wskutek konkurencji o światło i ograniczonego przepływu składników pokarmowych z liści do kłosa. Wyższa dawka NPK ($360 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) w warunkach zwiększonej obsady roślin powodowała istotny wzrost wartości wskaźnika LAI. Jednak poziom plonowania odmiany Woltario z tych obiektów był podobny jak przy gęstości siewu nasion $200 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$ i nawożeniu NPK $260 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Zdecydowały o tym parametry kłosa i rośliny, które zmniejszyły się w warunkach gęstych siewów w wyniku konkurencji roślin w łanie.

Publikacja: Jaśkiewicz B. 2007. Wskaźnik pokrycia liściowego (LAI) pszenżyta ozimego w zależności od jego obsady i nawożenia NPK. *Acta Agrophysica*, 10(2), 373-383.

Nawożenie mineralne modyfikowało wartość odczytów SPAD pszenżyta ozimego odmiany Woltario w fazach strzelania w źdźbło, kłoszenia i kwitnienia. Przy największej dawce $360 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$ stwierdzono wyższe wartości SPAD w fazach rozwojowych w stosunku do odczytów SPAD wykonywanych na obiekcie z najniższą dawką NPK ($160 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). W fazach strzelania w źdźbło i kłoszenia wartości SPAD były istotnie wyższe przy nawożeniu 260 i 360 niż przy $160 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$. Stwierdziłam niższe wartości odczytów SPAD przy obsadzie roślin $300 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$ w porównaniu do osiągniętych w warunkach obsady roślin $100 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$. Najwyższe wartości SPAD (697 i 710 jednostek) odnotowałam w fazie kłoszenia i kwitnienia przy obsadzie roślin $100 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$. Z analizy wartości odczytów SPAD wynika, że charakteryzuje je niski współczynnik zmienności. Średnie ich wartości wahały się od 655 do 697 jednostek, co świadczyć może o bardzo dobrych warunkach przeprowadzanych badań. Najwyższy plon ziarna stwierdzono przy wartościach odczytów SPAD 664 jednostek w fazie strzelania w źdźbło i 681 jednostek w fazach kłoszenia i kwitnienia. Takie wartości SPAD uzyskano przy gęstości roślin $200 \text{ szt.} \cdot \text{m}^{-2}$ i nawożeniu $260 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Publikacja: Jaśkiewicz B. 2009. Indeks zazielenienia liści (SPAD) pszenżyta ozimego w zależności od jego obsady i nawożenia NPK. *Acta Agrophysica*, 13(1), 131-141.

Stwierdziłam, że indeks powierzchni liści (LAI) pszenżyta odmiany Fidelio zależał od gęstości siewu i nawożenia azotem. W warunkach rzadkich siewów nasion (150 szt. m^{-2}) istotnie wrastał do poziomu dawki 80 kg N ha^{-1} . Dalszy wzrost nawożenia azotem (120 i 160 kg N ha^{-1}) w tych warunkach zagęszczenia wpłynął dodatnio na wielkość indeksu LAI. Istotnie największy indeks powierzchni liści (LAI) stwierdzono na obiektach z gęstością siewu $250 \text{ nasion m}^{-2}$ i nawożeniu azotem 120 kg N ha^{-1} oraz $350 \text{ nasion m}^{-2}$ i 160 kg N ha^{-1} .

Stwierdziłam także, że nawożenie azotem i gęstość siewu wpływały na wartości odczytów SPAD. Rośliny z obiektów nawożonych azotem w dawkach 120 i 160 kg N ha^{-1} miały wyższe wartości indeksu zazielenienia przy obsadzie roślin 150 i 250 szt. m^{-2} . Zwiększenie gęstości siewu z 250 do $450 \text{ nasion m}^{-2}$ powodowało istotny wzrost zawartości chlorofilu w warunkach nawożenia do 120 kg N ha^{-1} . Natomiast wyższe nawożenie azotem (160 kg N ha^{-1}) nie różnicowało dalej tej cechy. Odmiana Fidelio istotnie najwyższy plon ziarna wydała przy gęstości siewu nasion 250 szt. m^{-2} i nawożeniu 120 kg N ha^{-1} a dalsze zwiększenie gęstości siewu do 350 i 450 nasion na jednostce powierzchni nie wpływało na poziom plonowania pszenżyta. W związku z tym, plon ziarna uzyskany na dawkach 120 i 160 kg N ha^{-1} nie różnił się istotnie, więc uznano za wskaźnik zazielenienia liści (SPAD) 567 jednostek i indeks powierzchni liści (LAI) $3,67$ jako optymalny dla fazy kłoszenia. Przy takich jego wartościach stwierdziłam najwyższy plon ziarna pszenżyta ozimego odmiany Fidelio w warunkach prowadzenia badań.

Publikacja: Jaśkiewicz B. 2010. Wybrane parametry łanu pszenżyta ozimego odmiany Fidelio w zależności od gęstości siewu i nawożenia azotem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 556, cz. I, 127-13.

5. Ustalenie optymalnego poziomu czynników agrotechnicznych sprzyjających uzyskiwaniu wysokich plonów ziarna pszenżyta półkarłowego

W badaniach polowych plon ziarna pszenżyta półkarłowego odmiany Fidelio był kształtowany poprzez gęstość siewu i wielkość dawki azotu. W warunkach zagęszczenia 150 i 250 nasion·m⁻² plon ziarna pszenżyta istotnie wzrastał do poziomu nawożenia azotem w ilości 120 kg N·ha⁻¹, natomiast przy gęstości siewu nasion 350 szt·m², wyższy plon ziarna osiągnęto pod wpływem nawożenia azotem w dawce 160 kg N·ha⁻¹. Wystąpił szeroki zakres zmienności plonowania, od 3,23 t·ha⁻¹ na obiektach nie nawożonych, do 8,40 t·ha⁻¹ w warunkach nawożenia 120-160 kg N·ha⁻¹. Na podstawie równania regresji drugiego stopnia stwierdzono, że maksymalny plon ziarna w doświadczeniu polowym z odmianą Fidelio był możliwy do uzyskania przy nawożeniu 145 kg N·ha⁻¹.

Spośród obliczonych zależności regresyjnych między plonem ziarna pszenżyta ozimego a elementami struktury jego plonu, najwyższy współczynnik determinacji ($R^2 = 0,49$) miała liczba kłosów na jednostce powierzchni, która w najwyższym stopniu decydowała o poziomie plonowania pszenżyta. Liczbę kłosów charakteryzował najwyższy współczynnik zmienności (19%), zaś najniższy stwierdzono w przypadku masy 1000 ziaren (11,4%). Obsada kłosów uznawana za najważniejszy czynnik plonotwórczy, istotnie wzrosła na gęstości siewu nasion 250 szt·m⁻² i przy zastosowaniu dawki azotu 120 kg·ha⁻¹, a więc kształtowana była poprzez gęstość siewu i nawożenie azotem.

Najwyższą masę 1000 ziaren zanotowano po wysiewie 150, a najmniejszą po wysiewie 450 nasion na m². Podobnie najwyższą masę 1000 ziaren osiągnięto w warunkach nawożenia azotem w ilości 80 kg N·ha⁻¹. Dalsze zwiększanie poziomu nawożenia azotem nie różnicowało tej cechy. Produkcyjność kłosa zmieniała się w zależności od badanych czynników. Zwiększenie ilości wysiewu nasion powodowało zmniejszenie produkcyjności kłosa, natomiast korzystnie oddziaływało zwiększanie poziomu nawożenia azotem.

Publikacja: Jaśkiewicz B. 2008. Wpływ gęstości siewu i nawożenia azotem na plonowanie pszenżyta ozimego odmiany Fidelio. *Acta Agrophisica*, 12(2), 381-393

W badaniach mikropoletkowych plon ziarna z jednostki powierzchni pszenżyta półkarłowego odmiany Woltario zależał od obsady roślin na jednostce powierzchni i nawożenia NPK. Przy zastosowanych dawkach nawożenia mineralnego (160, 260, 360 kg NPK·ha⁻¹) zwiększenie obsady roślin do 200 szt·m² wpłynęło na wzrost plonu ziarna o 25% w

porównaniu z uzyskanym z najmniejszej obsady roślin (100 szt. $\cdot$ m²), podobnie jak przy obsadzie 300 roślin $\cdot$ m². W warunkach najmniejszego zagęszczenia roślin (100 szt. $\cdot$ m²) zastosowane dawki NPK nie różnicowały poziomu plonowania pszenżyta. Zagęszczenie roślin do 200 i 300 szt. $\cdot$ m² spowodowało o 8-10% istotnie większy plon ziarna pszenżyta przy nawożeniu 260 kg NPK $\cdot$ ha⁻¹ w porównaniu z nawożeniem najniższym (160 kg NPK $\cdot$ ha⁻¹). Dalszy wzrost nawożenia mineralnego nie różnicował poziomu plonowania pszenżyta. Najwyższa dawka nawożenia mineralnego (360 kg NPK $\cdot$ ha⁻¹) wpłynęła dodatnio na rozkrzewienie produkcyjne a więc obsadę kłosów. W warunkach gęstszych siewów, rośliny wytworzyły kłosa o mniejszej masie w porównaniu z kłosami z obiektów o rzadszych siewach, dlatego plon ziarna na obiektach o obsadzie 200 i 300 roślin $\cdot$ m² był podobny. Obsada roślin 100 szt. $\cdot$ m² była zbyt niska, aby zapewnić optymalną obsadę kłosów na jednostce powierzchni pomimo dużego rozkrzewienia produkcyjnego, wysokiej masy i liczby ziaren z kłosa i rośliny. W rezultacie najniższa obsada roślin nie zapewniła wysokiego plonowania nawet przy nawożeniu mineralnym 360 kg NPK $\cdot$ ha⁻¹.

Silną liniową zależność regresyjną stwierdzono między plonowaniem pszenżyta odmiany Woltario a obsadą kłosów. O wysokiej sile związku świadczy wysoki współczynnik determinacji - 0,74. Obsada kłosów charakteryzowała się mniejszą zmiennością (29,5%) aniżeli obsada roślin (43,2%) czy też masa (35,8%) i liczba ziaren z rośliny (33,3%). Natomiast najmniejszą zmienność miała liczba ziaren z kłosa (9,4%) i masa 1000 ziaren (10,5%).

Publikacja: Jaśkiewicz B. 2008. Wpływ intensywności nawożenia i gęstości siewu na plonowanie pszenżyta odmiany Woltario. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 7(2), 41-50.

W badaniach polowych z pszenżytem półkarłowym odmiany Woltario, plon ziarna zależał od gęstości siewu, natomiast sposób nawożenia azotem w dawce 120 kg N $\cdot$ ha⁻¹ nie wpływał istotnie na jego wielkość. Pszenżyto najwyżej plonowało przy gęstości siewu 2 mln nasion na ha a zwiększanie gęstości siewu nasion do 300 i 400 szt. $\cdot$ m⁻² nie różnicowało istotnie plonu ziarna u tej odmiany. Plon ziarna charakteryzował się stosunkowo małą zmiennością (10,8%) w porównaniu do analizowanych elementów struktury plonu, których wartości przybierały dla obsady kłosów 20,5%, masy i liczby ziaren odpowiednio 14,9 i 14,4%. Najniższą zmiennością charakteryzowała się masa 1000 ziaren. Niezależnie od gęstości siewu i sposobu nawożenia azotem średni plon ziarna wyniósł 6,42 t $\cdot$ ha⁻¹, zmieniał się od 4,46 do

7,35 t·ha⁻¹. Plon ziarna zależał głównie od obsady kłosów. W siewach gęstych obsada kłosów kształtowana była głównie przez ilość wysiewu nasion, natomiast sposób stosowania azotu nie wpływał na nią istotnie. Stwierdzono liniową zależność regresyjną między plonem ziarna a obsadą kłosów, masą 1000 ziaren i masą ziarna z kłosa. Prawdopodobieństwo wystąpienia opisanej zależności równaniem regresji jest stosunkowo duże dla najmniejszej gęstości siewu i zmniejszało się ono pod wpływem zagęszczania roślin w łanie. Małe zagęszczenie roślin na m² dodatnio wpływało na produktywność kłosa.

Publikacja: Jaśkiewicz B. 2009. Plonowanie pszenżyta ozimego odmiany Woltario w zależności od gęstości siewu i sposobu nawożenia azotem. *Acta Agrophysica*, 13(3), 705-712.

Podsumowanie

- Na podstawie badań mikrololekowych przeprowadzonych w początkowych fazach wzrostu roślin stwierdziłam, że:
 - krótkosłoma odmiana Woltario do fazy 5-6 pędów w porównaniu do tradycyjnej długosłomej odmiany Krakowiak miała więcej liści i pędów z rośliny oraz większą suchą masę roślin.
 - w fazie drugiego kolanka odmiana Woltario w warunkach dużego zagęszczenia roślin na jednostce powierzchni (300, 400 szt.·m⁻²) obniżyła o 4% suchą masę roślin. Natomiast odmiana Krakowiak w tych warunkach zwiększyła o 32% suchą masę z jednostki powierzchni w stosunku do uzyskanej przy najmniejszej gęstości siewu nasion (200 szt.·m²), stąd można wnioskować, że lepiej przystosowuje się do sąsiedztwa roślin i konkurencji w łanie.
- Na podstawie badań mikrololekowych przeprowadzonych z półkarłowym pszenżytem ozimym odmiany Woltario w warunkach zróżnicowanego nawożenia mineralnego (NPK) i gęstości siewu stwierdziłam:

- ścisły związek wskaźnika liściowego (LAI) z plonem ziarna odmiany Woltario. Za optymalną wartość wskaźnika LAI uznałam 3,29 w fazie strzelania w źdźbło, a 3,94 – w fazie kłoszenia,
 - najwyższy plon ziarna pszenżyta został osiągnięty przy wartościach odczytów SPAD 664 jednostek w fazie strzelania w źdźbło i 681 jednostek w fazach kłoszenia i kwitnienia,
 - nawożenie mineralne na poziomie 160, 260 i 360 kg NPK·ha⁻¹ nie miało wpływu na zróżnicowanie poziomu plonu ziarna pszenżyta uprawianego przy zagęszczeniu roślin 100 szt·m⁻². Przy zastosowaniu obsady roślin 200 i 300 szt·m² uzasadnione było zastosowanie nawożenia mineralnego na poziomie 260 kg NPK·ha⁻¹.
- W badaniach polowych z pszenżytem półkarłowym odmiany Woltario stwierdziłam, że liczba pędów i liści z rośliny nie zależała od sposobu stosowania azotu w dawce 120 kg N·ha⁻¹ ale od gęstości siewu. Przy gęstości siewu nasion 200 szt·m² plon ziarna zależał aż w 56% od liczby pędów w fazie strzelania w źdźbło (stwierdzono 4,4 szt.) i zależność ta była silniejsza do fazy dojrzałości młecznej (72%). Liczba liści asymilujących na roślinie w fazie strzelania w źdźbło najsilniej decydowała o wielkości plonu ziarna. Wraz ze wzrostem zagęszczenia roślin na jednostce powierzchni liczba liści zielonych w coraz mniejszym stopniu wpływała na przyrost plonu ziarna.
 - Optymalna wartość indeksu SPAD w warunkach polowych dla odmiany Fidelio wynosi 567 jednostek, natomiast indeks powierzchni liści (LAI) - 3,67 (faza kłoszenia). Takie wartości indeksów zapewniła gęstość siewu nasion 250 szt·m⁻² i nawożenie 120 kg N·ha⁻¹, przy którym uzyskano istotnie najwyższy plon ziarna.
 - Przy gęstości siewu nasion 250 szt·m⁻² plon ziarna odmiany Fidelio wzrastał do poziomu nawożenia azotem 120 kg N·ha⁻¹, natomiast przy gęstości siewu nasion 350 szt·m⁻² wyższy plon ziarna otrzymano pod wpływem nawożenia azotem 160 kg N·ha⁻¹. W tworzeniu plonu ziarna pszenżyta półkarłowego największe znaczenie ma liczba kłosów na jednostce powierzchni (współczynnik determinacji 0,49). Natomiast

liczba kłosów w granicach 250-681 szt. $\cdot$ m⁻² wykazywała liniowy dodatni związek z plonem ziarna z jednostki powierzchni.

- Pszenżyto półkarłowe odmiany Woltario uprawiane na glebie kompleksu pszennego wadliwego najwyższy plon ziarna wydało przy gęstości siewu nasion 200 szt. $\cdot$ m², natomiast sposób nawożenia azotem w dawce 120 kg N $\cdot$ ha⁻¹ nie wpływał istotnie na wielkość plonu ziarna. Rośliny bardziej rozkrzewione pochodziły z obiektów nawożonych azotem w ilości po 60 kg N $\cdot$ ha⁻¹ w fazie ruszenia wegetacji i w fazie strzelania w źdźbło.

Literatura cytowana

1. Banaszak Z., 2004. Analiza postępu w hodowli pszenżyta ozimego. Praca doktorska. AR Poznań.
2. Bezdużniak D., 1997. Ocena stanu odżywiania pszenicy ozimej na podstawie zawartości chlorofilu metodą optyczną (SPAD). Praca doktorska, IUNG Puławy.
3. Biskupski A., 1997. Stan prac hodowlanych oraz perspektywy uprawy i kierunki użytkowania pszenżyta. *Fragm. Agron.*, 2, 5-18.
4. Blackmer T.M, Schepers J.S., 1994. Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 25, 1791-1800.
5. Byszewski W., 1977. Biologiczne podstawy produktywności roślin. PWN Warszawa.
6. Ceglińska A., Haber T., Lewczuk J., 1999. Pszenżyto – nowy surowiec dla przetwórstwa spożywczego. *Post. Nauk Rol.*, 2, 21-26
7. Cutforth H., W., Jame Y., W., Jefferson P. G., 1992. Effect of temperature, vernalization and water stress on phyllochron and final main-stem leaf number of HY320 and Neepawa spring wheats. *Canad. J. Plant Sci.*, 72, 1141-1151.
8. COBORU 2000. Lista opisowa odmian. Rośliny rolnicze, Cz.1.
9. Czuba R., 1979. Nawożenie. PWRiL Warszawa.
10. Fox R.H., Piekielek W.P., Macneal K.M., 1994. Using a chlorophyll meter to predict nitrogen fertilizer needs of Winter wheat. *Commun. Soil Sci. Anal.*, 25 (3-4), 171-181.

11. Gontarz D., 2006. Plonowanie i jakość technologiczna ziarna pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.) i twardej (*Triticum durum* Desf.) w zależności od przedplonu i poziomu agrotechniki. Rozprawa doktorska, AR Lublin.
12. Górecki R., Grzesiuk S., 2002. Fizjologia plonowania roślin. UWM Olsztyn.
13. Grabiński J., 1995. Wpływ głębokości i gęstości siewu oraz nawożenia azotem na rozwój i plonowanie pszenżyta ozimego. IUNG Puławy, ser. R(327).
14. Jaśkiewicz B., 1995. Wzrost, rozwój oraz plonowanie pszenżyta ozimego w zależności od terminu siewu i obsady roślin. IUNG Puławy, ser. R (328).
15. Jaśkiewicz B., 2002. Określenie wymagań agrotechnicznych nowych odmian pszenżyta ozimego. Biul. IHAR, 223/224, 151-157.
16. Jaśkiewicz B., Krasowicz S., 2001. Regionalne zróżnicowanie produkcji pszenżyta w Polsce. Zag. Ekon. Rol., 6, 19-35.
17. Justes E., Mary B., Meynard J.M, Machet J.M., Thelier-Huches L., 1994. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. Ann. Bot., 74, 397-407.
18. Kuś J., Smagacz J., 1992. Porównanie plonowania pszenżyta ozimego z innymi gatunkami zbóż w różnych stanowiskach. Fragm. Agron., 3, 14-21.
19. Lemaire G., Gastal F., 1997. N uptake and distribution in plant canopies. In: Diagnosis of the nitrogen status in crops. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 3-43.
20. Mazurek J., Jaśkiewicz B., 1998. Wymagania nowych odmian pszenżyta ozimego co do terminu siewu i obsady roślin oraz nawożenia azotem. Biul. IHAR, 205/206, 189-195.
21. Mercik S. (red.), 2004. Chemia rolna. Podstawy teoretyczne i praktyczne. SGGW Warszawa, 212-218.
22. Nalborczyk E., Łoboda T., Pietkiewicz S., 1995. Photosynthetic indices of the canopy and grain yield. Fragm. Agron., 2, 98-99.
23. Nieróbca A., Faber A., 1996. Indeks powierzchni liści jako wskaźnik stanu wegetacji oraz wielkości spodziewanego plonu pszenicy ozimej. Fragm. Agron., 3, 54-66.
24. Oleksiak T., 2000. Pszenżyto w produkcji – wykorzystanie efektów hodowli. Folia Univ. Agric. Stetin. Agricultura, 82, 199-204.
25. Pietkiewicz S., 1985. Wskaźnikowa analiza wzrostu roślin. Wiad. Bot., 29, 29-42.
26. Rozbicki J., 1997. Agrotechniczne uwarunkowania wzrostu, rozwoju i plonowania pszenżyta ozimego. Warszawa, „Fundacja Rozwój SGGW”.

27. Russell G., Wilson G.W., 1994. An agro-pedo-climatological knowledge-base of wheat in Europe. Agriculture series. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, 158.
28. Sokół J.L., 1993. Pszenżyto wczoraj i dziś. Post. Nauk Rol., 1, 53-66.
29. Szempliński W., Budzyński W., 1994. Porównanie różnych technologii uprawy pszenżyta ozimego. Zesz. Nauk. AR Szczecin, 1994, 162, 253-256.
30. Wolski T., Ceglińska A, Czerwińska E., Gryka J., Pojmaj M., 1996. Hodowla półkarłowego pszenżyta ozimego. Biul. IHAR, 197, 35-45.
31. Wood C. W., Reeves D. W., Duffield R. R., Edmisten K. L., 1992. Field chlorophyll measurements for evaluation of corn nitrogen status. J. Plant Nutri. 15(4), 487- 500.
32. Woźniak A., Gontarz D., Staniszewski M., 2005. Wpływ zmianowania na plonowanie i wartość wskaźnika LAI pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). Biul. IHAR, 237/238, 13-21.