

¹ELŻBIETA HARASIM, ²MARTA WESOŁOWSKA-TROJANOWSKA

¹Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin

²Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

WPLYW NAWOŻENIA AZOTEM NA PLONOWANIE I JAKOŚĆ TECHNOLOGICZNĄ ZIARNA PSZENICY OZIMEJ

Influence of nitrogen fertilization on yielding and technological quality of winter wheat grain

ABSTRAKT: W pracy przedstawiono wyniki 3-letnich badań polowych nad wpływem dwóch poziomów nawożenia azotem na wybrane parametry jakościowe ziarna pszenicy ozimej odmiany Muza. Zastosowane poziomy nawożenia azotowego – 100 i 150 kg N·ha⁻¹, mimo iż nie różnicowały istotnie plonu ziarna pszenicy ozimej, to dawały korzystne wartości indeksu glutenu, glutenu mokrego oraz wskaźnika sedimentacyjnego Zeleny’ego, świadczące o dobrej jakości badanej mąki.

słowa kluczowe – key words:

pszenica ozima – *winter wheat*, nawożenie azotem – *nitrogen fertilization*, jakość ziarna – *grain quality*

WSTĘP

Jakość ziarna pszenicy zależy od cech odmianowych, właściwości siedliska oraz stosowanych zabiegów agrotechnicznych, w tym od nawożenia azotem (8). Nawożenie azotem wpływa na zawartość białka i ilość glutenu mokrego w ziarnie oraz wskaźnik sedimentacyjny Zeleny’ego (5). Niedobór azotu w połączeniu z okresową suszą jest ponadto głównym czynnikiem obniżającym plonowanie pszenicy ozimej. Czynniki te modyfikują parametry jakościowe ziarna (11). Należy więc pamiętać, że jakość ziarna zbóż kształtuje się podczas jego formowania, czyli w polu, a nie w procesie przetwórczym, co podkreślają Rothkaehl i Stępniewska (17).

Do wyróżników jakościowych informujących o podstawowej przydatności ziarna zbóż do wykorzystania w przetwórstwie należą gęstość ziarna w stanie zsypanym i liczba opadania. Ziarno pszenicy ozimej o dobrej jakości powinno charakteryzować się gęstością w stanie zsypanym na poziomie co najmniej 72 kg·hl⁻¹. Liczba opadania jest miarą aktywności enzymu α -amylazy i zarazem informuje o odporności ziarna na porastanie. Gwarancją uzyskania dobrej mąki pszennej jest stosowanie do przemiału ziarna pszenicy o liczbie opadania w granicach od 200 do 300 s (15,

18). Zarówno zbyt mała (<150 s), jak i zbyt duża (>400 s) liczba opadania nie jest korzystna.

Do wyróżników jakościowych, branych pod uwagę przy ocenie surowca, należą cechy charakteryzujące kompleks białkowy: zawartość białka, wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego, ilość glutenu i indeks glutenu. Jednym z ważniejszych czynników wpływających na jakość technologiczną ziarna pszenic jest ilość i skład białek glutenowych (5). Na zawartość białka w ziarnie największy wpływ poza odmianą ma dawka azotu (3, 16). Wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego świadczy o ilości i jakości białek tworzących gluten (gluteiny i gliadyny), które wykazują ścisły związek z wartością wypiekową mąki (16). Wskaźnik powyżej 25 ml jest korzystny. Jakość glutenu jest jednym z podstawowych wyróżników oceny własności wypiekowych mąki. Zdaniem Sitkowskiej (18) ilość glutenu mokrego na minimalnym poziomie (25%) i właściwa jego jakość pozwala uzyskać dobre pieczywo pszenne i pszenno-żytnie.

Podsumowując badania założono, że w określonych warunkach siedliskowych pszenica ozima (odmiana jakościowa) pod wpływem zwiększonego nawożenia azotem wykaże się przyrostem plonu ziarna i dobrą jego jakością technologiczną. Celem pracy było określenie wpływu dwóch dawek azotu na kształtowanie się wybranych parametrów jakościowych ziarna pszenicy ozimej odmiany Muza, uprawianej w warunkach gleb lessowych środkowej Lubelszczyzny.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w latach 2005–2007 w Gospodarstwie Doświadczalnym Czesławice należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Doświadczenie zlokalizowano na glebie płowej wytworzonej z lessu (kompleks pszenny dobry), zasobnej w fosfor, potas i magnez. Doświadczenie założono metodą bloków losowanych, w trzech replikacjach o wielkości poletka 10 m^2 . Przedplonem pszenicy ozimej była wyka siewna uprawiana na nasiona, zbierana w II dekadzie sierpnia. Po zbiorze przedplonu wykonywano konwencjonalną uprawę roli. Najpierw przeprowadzono talerzowanie i bronowanie pola, a na początku września orkę siewną na głębokość 25 cm. W doświadczeniu uprawiano jakościową odmianę pszenicy ozimej Muza, którą wysiewano na początku III dekady września. Nawożenie mineralne w kg czystego składnika na 1 ha wynosiło: N – 100 (60 kg po ruszeniu wegetacji na wiosnę (faza BBCH 29) + 40 kg w fazie 3. międzywęźla (BBCH 33)) lub N – 150 (95 kg po ruszeniu wegetacji na wiosnę (BBCH 29) + 55 kg w fazie 3. międzywęźla (BBCH 33)), P – 90 i K – 130. Fosfor i potas stosowano w całości przed siewem. Zabiegi odchwaszczające sprowadzały się do stosowania herbicydów: Apyros 75 WG (s.a. sulfosulfuron; mocznik 75%) w dawce $20\text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ i Starane 250 EC (fluroksypr $250\text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$) w dawce $0,6\text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ na początku strzelania w źdźbło (BBCH – 30). Zbiór wykonano w fazie pełnej dojrzałości ziarna. Po zbiorze oznaczono plon

ziarna ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) i masę 1000 ziaren (g) oraz cechy wartości technologicznej: zawartość białka ogólnego (s.m.) metodą Kjeldahla ($\text{N} \times 6,25$) wg ICC-Standard 105/2 w modyfikacji Tecatora (mineralizacja z dodatkiem 30% wody utlenionej), zawartość glutenu mokrego (%) wg PN-77/A-74041, indeks glutenu zgodnie z normą ICC 155 oraz PN-93/A-74042 na urządzeniu Glutomatic 2200, gęstość ziarna w stanie zsypanym ($\text{kg}\cdot\text{hl}^{-1}$) na standardowej wadze hektolitrowej wg PN-73/R-74007, liczba opadania (s) wg PN-ISO 3093:1996/Az1:2000, wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego (cm^3) wg normy PN-ISO 5529:1998. Układ warunków pogodowych w latach badań był zróżnicowany. Pierwszy sezon (2004/05) należał do wilgotnych, zimowe opady wyniosły około 200 mm, a w maju aż 146,9 mm. Natomiast lata 2006 i 2007 były suchsze i cechowały się nierównomiernym rozkładem opadów. W czerwcu i lipcu 2006 roku wystąpiły znaczne niedobory opadów, podobnie niedostateczne uwilgotnienie wystąpiło wiosną 2007 roku.

WYNIKI I DYSKUSJA

W warunkach przeprowadzonego ścisłego doświadczenia polowego zastosowane poziomy nawożenia azotem (100 i $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) nie różnicowały istotnie plonu ziarna pszenicy ozimej (tab. 1). Mimo tego należy zauważyć, że zastosowanie większej dawki azotu ($150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) wywoływało tendencję wzrostową w kształtowaniu się wydajności ziarna w dwóch latach badań, a średni przyrost plonu ziarna pod wpływem tego czynnika w trzyleciu badań wyniósł 3,8%. Otrzymane wyniki badań znajdują potwierdzenie w literaturze. Kruczek i Wojtowicz (13) wykazali bo-

Tabela 1

Plon ziarna i masa 1000 ziaren pszenicy ozimej
Winter wheat grain yield and weight of 1000 grains

Lata Years	Plon ziarna; Grain yield (t·ha ⁻¹)			Masa 1000 ziaren Weight of 1000 grains (g)		
	dawka azotu; N dose (kg·ha ⁻¹)					
	100	150	średnio mean	100	150	średnio mean
2005	9,53	10,43	9,98	43,0	42,5	42,8
2006	7,26	7,53	7,40	38,1	37,5	37,8
2007	7,52	7,29	7,40	45,5	46,1	45,8
Średnio; Mean	8,10	8,41		42,2	42,0	
NIR; LSD (α = 0,05) dla: for:						
lat; years			0,64	2,08		
dawek azotu nitrogen doses			r.n.	r.n.		

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

wiem celowość stosowania w uprawie pszenicy ozimej nawożenia azotem wyższego niż $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Również Gawrońska-Kulesza i in. (9) notowali wzrost plonowania pszenicy ozimej do dawki $140 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, a Wróbel i Szempliński (20) nawet do poziomu $160 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Także Budzyński i in. (2) oszacowali, że największy plon ziarna pszenicy ozimej uzyskaliby po zastosowaniu dawki od 143 do $165 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Natomiast inni autorzy podkreślają niską efektywność plonotwórczą azotu po przekroczeniu dawki $150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ (6, 12).

Udowodniony wpływ na wielkość plonów ziarna miały warunki pogodowe; w roku 2005 cechującym się dobrym uwilgotnieniem pszenica plonowała istotnie wyżej niż w latach suchszych (2006 i 2007). Przeprowadzone badania potwierdziły opinię innych autorów wskazujących, że największy wpływ na plonowanie i cechy jakościowe ziarna pszenicy ozimej wywiera układ warunków pogodowych (2, 14, 19).

W poszczególnych latach badań uzyskiwano ziarno o istotnie różnej dorodności. Największą masę tysiąca ziaren (MTZ) uzyskano w trzecim roku badań. Zróżnicowanie MTZ pod wpływem zastosowanych dawek azotu było jednak nieistotne statystycznie (tab. 1). Zwiększenie dawki nawożenia azotem spowodowało zmniejszenie średniej masy ziarniaków. Potwierdzają to wyniki badań innych autorów (1, 2, 4). Natomiast Dubis i Borysewicz (8) stwierdzili poprawę dorodności ziarna tylko do poziomu $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Zawartość białka i glutenu w ziarnie jest jednym z podstawowych kryteriów przydatności technologicznej pszenicy. Bardzo wysokie plony ziarna uzyskane w pierwszym roku badań charakteryzowały się niską zawartością białka i glutenu mokrego (tab. 2). Dowodzi to słuszności twierdzenia Kaczyńskiego (10), że plenność pszenicy jest zazwyczaj ujemnie skorelowana z jakością jej ziarna. W kolejnych dwóch latach badań zawartość białka wzrosła o ponad 4 punkty procentowe i wynosiła średnio 15,1%. Plony ziarna pszenicy ozimej były jednak wtedy na istotnie niższym poziomie (tab. 1). Z badań Małeckiej i Bleharczuka (14) wynika, że ciepła i umiarkowanie wilgotna pogoda w miesiącach letnich sprzyja wzrostowi zawartości białka w ziarnie. W prezentowanych badaniach korzystniejsze pod tym względem warunki pogodowe wystąpiły w latach 2006 i 2007. Wtedy w okresie od kłoszenia do dojrzałości pełnej ziarna pszenicy ozimej panowały wyższe temperatury powietrza i większe usłonecznienie niż w pierwszym roku badań. W takich warunkach ziarno gromadziło więcej białka i wykazywało większą zawartość glutenu mokrego (tab. 2). Zdaniem Kocoń i Podolskiej (11) wyższe temperatury powietrza w okresie wegetacji przyczyniają się do znacznego skrócenia okresu wypełniania i dojrzewania ziarna, co w końcowym efekcie skutkuje mniejszymi plonami ziarna. Fakt ten potwierdzają niniejsze badania. Dawki azotu w zasadzie nie różnicowały zawartości białka i glutenu w ziarnie pszenicy ozimej. Zawartość glutenu mokrego zawsze przekraczała minimalny poziom 25%. Nawożenie azotem nie miało również istotnego wpływu na indeks glutenu, przy czym w każdym obiekcie eksperymentu uzyskano korzystną wartość tego wskaźnika (tab. 2). Indeks glutenu jest ważnym

Tabela 2

Zawartość białka i glutenu oraz indeks glutenu w ziarnie pszenicy ozimej
Protein and gluten content and gluten index in grain of winter wheat

Lata Years	Zawartość białka Protein content (%)			Zawartość glutenu mokrego Gluten content (%)			Indeks glutenu Gluten index		
	dawka azotu; N dose (kg · ha ⁻¹)								
	100	150	średnio mean	100	150	średnio mean	100	150	średnio mean
2005	10,7	11,2	11,0	26,0	28,4	27,2	99	88	93,5
2006	15,4	14,7	15,1	37,0	34,0	35,5	79	84	81,5
2007	15,4	14,8	15,1	33,2	32,7	33,0	62	55	58,5
Średnio; Mean	13,8	13,6		32,0	31,7		80	76	
NIR; LSD (α=0,05) dla: for:									
lat; years			2,77			r.n.			r.n
dawek azotu nitrogen doses			r.n.			r.n.			r.n.

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

wskaźnikiem jakości ziarna i przydatności mąki do wypieku (7). Do wypieku chleba i ciasta drożdżowego najodpowiedniejsza jest mąka o indeksie glutenu w granicach od 60 do 90. Przy wartościach większych niż 90 gluten jest mocny i krótki, a mąka nadaje się jedynie jako poprawiacz do mieszania z mąkami o niższych wartościach indeksu glutenu. Gluten o indeksie poniżej 40 jest słaby i mąka nie nadaje się do przygotowania ciasta drożdżowego. Zawartość glutenu mokrego i indeks glutenu wskazują, że ziarno uprawianej w doświadczeniu pszenicy ozimej odmiany Muza było dobrym surowcem do produkcji mąki.

Duże wartości liczby opadania uzyskane w pierwszym i trzecim roku badań wskazują na niską aktywność amylolityczną otrzymanej mąki. Liczba opadania w drugim roku była wyraźnie mniejsza niż w pozostałych latach. Wartości tej cechy były modyfikowane przede wszystkim warunkami agrometeorologicznymi, nie zaś poziomem nawożenia azotem (tab. 3). Natomiast uzyskano bardzo dobre (powyżej 72 kg·hl⁻¹) wyniki dotyczące gęstości ziarna w stanie zsylnym na obu poziomach nawożenia azotem oraz we wszystkich latach badań (tab. 3). Zdaniem Cacak-Pietrzak i in. (4) gęstość ziarna w stanie zsylnym zależy od jego dorodności, stopnia wypełnienia i struktury, grubości okrywy, a także od ilości i jakości zanieczyszczeń. Zarówno poziom nawożenia azotem, jak i warunki pogodowe panujące w latach badań nie spowodowały istotnego zróżnicowania wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego (tab. 4). Najwyższą wartość uzyskano w drugim roku badań i przy wyższym poziomie nawożenia azotem. W każdym obiekcie eksperymentu wartość wskaźnika była stosunkowo wysoka, co świadczy o dobrej jakości mąki.

Tabela 3

Liczba opadania i gęstość ziarna pszenicy ozimej w stanie zsywnym
Falling number and test weight of winter wheat grain

Lata Years	Liczba opadania; Falling number (s)			Gęstość ziarna; Test weight (kg·hl ⁻¹)		
	dawka azotu; N dose (kg·ha ⁻¹)					
	100	150	średnio mean	100	150	średnio mean
2005	354	354	354	76,6	78,2	77,4
2006	234	220	227	73,4	73,2	73,3
2007	387	387	387	78,5	78,2	78,3
Średnio; Mean	325	320		76,2	76,5	
NIR; LSD ($\alpha=0,05$) dla: for:						
lat; years			33,7			4,45
dawek azotu nitrogen doses			r.n.			r.n.

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

Tabela 4

Wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego (cm³)
Zeleny's test (cm³)

Lata Years	Dawka azotu; N dose (kg·ha ⁻¹)		
	100	150	średnio; mean
2005	27	27	27
2006	34	40	37
2007	31	31	31
Średnio; Mean	31	33	
NIR; LSD ($\alpha=0,05$) dla: for:			
lat; years			r.n.
dawek azotu; nitrogen doses			r.n.

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

Reasumując można stwierdzić, że dla pszenicy ozimej uprawianej po dobrym przedplonie wystarczające okazało się nawożenie azotem w dawce 100 kg N·ha⁻¹. Zwiększenie poziomu nawożenia azotem do 150 kg N·ha⁻¹ nie powodowało istotnego przyrostu plonu ziarna ani wyraźnej poprawy jego parametrów technologicznych.

WNIOSKI

1. Poziomy nawożenia azotem – 100 i 150 kg N·ha⁻¹ nie różnicowały istotnie wielkości i jakości technologicznej plonu ziarna pszenicy ozimej. Istotne różnice powodowały warunki pogodowe w latach badań.

2. Ziarno, przy wysokich plonach (ponad 9 t·ha⁻¹), charakteryzowało się niską zawartością białka i glutenu mokrego oraz niskim wskaźnikiem sedymentacyjnym Zeleny'ego, ale korzystnym indeksem glutenu.

LITERATURA

1. Achremowicz B., Zajac J.: Wpływ podwyższonego nawożenia azotem na wartość technologiczną niektórych odmian pszenicy jarej i ozimej. *Rocz. Nauk. Rol.*, A, 1993, **110(1-2)**: 149-157.
2. Budzyński W., Borysewicz J., Bielski S.: Wpływ poziomu nawożenia azotem na plonowanie i jakość technologiczną ziarna pszenicy ozimej. *Pam. Puł.*, 2004, **135**: 33-44.
3. Budzyński W., Bielski S., Borysewicz J.: Wpływ nawożenia azotem na jakość technologiczną ziarna pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 2008, **1(97)**: 39-48.
4. Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T.: Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy ozimej w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotowego. *Pam. Puł.*, 1999, **118**: 45-56.
5. Ciołek A., Makarska E.: Ocena jakości nowych linii pszenicy twardej na podstawie charakterystyki białek gliadynowych i gluteninowych w warunkach stosowania zróżnicowanego nawożenia azotem. *Acta Sci. Pol. Technol.*, 2004, **3(2)**: 147-155.
6. Chrzanowska-Drożdż B.: Reakcja pszenicy ozimej na dawki i terminy stosowania azotu. Cz. I. Rozwój i plonowanie pszenicy ozimej w zależności od dawki i terminu stosowania azotu. *Zesz. Nauk AR Wrocław, Rolnictwo*, 2001, **415(80)**: 257-270.
7. Cygankiewicz A.: Skuteczność wstępnej oceny ziarna rodów i odmian wzorcowych pszenicy w oparciu o wartości liczbowe sedymentacji i procentową zawartość białka w porównaniu do wskaźników pełnej oceny. *Biul. IHAR*, 1997, **204**: 237-243.
8. Dubis B., Borysewicz J.: Wpływ nawożenia azotem na plon i technologiczną jakość wybranych odmian pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 2008, **1(97)**: 111-119.
9. Gawrońska-Kulesza A., Suwara I., Kaczmarek M.: Rola przedplonu i poziomu nawożenia azotem w kształtowaniu struktury łanu i plonu pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 1997, **3(55)**: 24-35.
10. Kaczyński L.: Wartość gospodarcza zarejestrowanych w Polsce odmian pszenicy. *Pam. Puł.*, 1999, **118**: 183-205.
11. Kocoń A., Podolska G.: Wpływ niedoboru wody w glebie na plon i jakość ziarna wybranych odmian pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 2008, **1(97)**: 167-176.
12. Kościelniak W., Rothkaehl J.: Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i wartość technologiczną ziarna jakościowych odmian pszenicy ozimej. *Prz. Zboż. Młyn.*, 2000, **7**: 7-11.
13. Kruczek G., Wojtowicz J.: Wpływ nawożenia azotowego na plonowanie i skład chemiczny ziarna pszenicy. *Zesz. Nauk. AR Kraków*, 1998, **35**: 67-75.
14. Małecka I., Blecharczyk A.: Wpływ systemów uprawy roli na jakość ziarna pszenicy ozimej. *Pam. Puł.*, 2004, **135**: 181-187.
15. Mazurkiewicz J.: Porównanie jakości technologicznej pszenicy i żyta uprawianych w warunkach konwencjonalnych i gospodarstwa ekologicznego. *Acta Agrophys.*, 2005, **6(3)**: 721-749.
16. Nowak W., Zbroszczuk T., Kotowicz L.: Wpływ intensywności uprawy na niektóre cechy jakościowe ziarna odmian pszenicy. *Pam. Puł.*, 2004, **135**: 199-211.

17. Rothkaehl J., Stępniewska S.: Jakość ziarna pszenicy ze zbiorów ostatnich lat w Polsce. Prz. Zboż. Młyn., 2005, **8**: 3-6.
18. Sitkowska E.: Proces standaryzacji mąki pszennej. Prz. Piek. Cukier., 2006, **7**: 2-5.
19. Woźniak A., Staniszewski M.: Wpływ warunków pogodowych na jakość technologiczną ziarna pszenicy jarej cv. Opatka i pszenicy ozimej cv. Korweta. Acta Agrophys., 2007, **9(2)**: 525-540.
20. Wróbel E., Szempliński W.: Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy nawożonej zróżnicowanymi dawkami azotu. Pam. Puł., 1999, **118**: 463-469.

INFLUENCE OF NITROGEN FERTILIZATION ON YIELDING AND TECHNOLOGICAL QUALITY OF WINTER WHEAT GRAIN

Summary

This paper presents the results of the three years field experiments on the effect of two levels of nitrogen fertilization on some quality parameters of Muza winter wheat. The two levels of nitrogen fertilization used (100 and 150 kg N ha⁻¹), do not differentiated significantly neither grain yield nor technological value of winter wheat. Grains showed a good content of wet gluten and favorable values of gluten index, and Zeleny's test which indicate a good baking quality of wheat flour.

Praca wpłynęła do Redakcji 27 X 2009 r.

IWONA JASKULSKA

Katedra Podstaw Produkcji Roślinnej i Doświadczalnictwa
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

WPLYW NAWOŻENIA REKULTYWACYJNEGO NA JAKOŚĆ ZIARNA PSZENICY OZIMEJ

Effect of reclamation fertilization on the quality of winter wheat grain

ABSTRAKT: W statycznym doświadczeniu polowym, przeprowadzonym w latach 2006–2008, badano wpływ dwóch poziomów nawożenia rekultywacyjnego po okresie nie zrównoważonego wieloletniego nawożenia organiczno-mineralnego na jakość ziarna pszenicy ozimej, w tym na niektóre parametry wartości technologicznej. Stwierdzono, że ziarno pszenicy uprawianej na glebie przez wiele lat regularnie nawożonej zrównoważonymi dawkami nawozów mineralnych NPK oraz Mg, a także obornikiem i wapnowanej było dorodne, o dużej masie tysiąca ziaren i wyrównane, ale zawierało mniej glutenu i miało mniejszą wartość wskaźnika sedymentacji niż z wielu obiektów o nie zrównoważonym nawożeniu. Podobne zmiany jakości ziarna wystąpiły pod wpływem sześcioletniego intensywnego nawożenia rekultywacyjnego w porównaniu z jakością ziarna z obiektów rekultywowanych mniejszą o 50% dawką nawozów fosforowo-potasowych i wapniowych.

słowa kluczowe – key words:

pszenica ozima – *winter wheat*, jakość ziarna – *grain quality*, nawożenie rekultywacyjne – *reclamation fertilization*, wieloletnie nawożenie nie zrównoważone – *many-year unbalanced fertilization*

WSTĘP

Jakość ziarna zbóż kształtowana jest przez czynnik genetyczny, warunki siedliskowe i agrotechnikę. Spośród elementów agrotechniki największy wpływ na cechy jakościowe ma nawożenie, zwłaszcza azotem. Dawka N, jej podział, termin stosowania oraz rodzaj i sposób aplikacji tego składnika w istotny sposób wpływają na parametry fizyczne i skład chemiczny ziarna (6, 8, 10). Cechy jakościowe mogą ulegać również zmianie, chociaż na ogół w mniejszym stopniu i zależnie od zasobności gleby, pod wpływem nawożenia innymi makroelementami czy aplikacji mikroelementów (4, 5, 7). Nie bez znaczenia dla jakości ziarna pozostaje także oddziaływanie wcześniej stosowanego nawożenia, w tym organicznego, pod roślinę przedplonową (12, 13). Wieloletnie nawożenie, zwłaszcza nie zrównoważone, powoduje daleko idące zmiany właściwości gleby i produktywności roślin. Mało jest natomiast jednoznacznych wyników badań wskazujących na jego wpływ na jakość plonów,

w tym ziarna pszenicy (2, 3), mimo znanych zależności jego wartości technologicznej od warunków glebowych (9). Brakuje także informacji o możliwości kształtowania jakości ziarna pszenicy uprawianej w tych warunkach poprzez nawożenie rekultywacyjne.

Celem badań było określenie wpływu nawożenia rekultywacyjnego, stosowanego po okresie wieloletniego niezrównoważonego nawożenia organicznego i mineralnego, na jakość ziarna pszenicy ozimej, w tym na niektóre parametry jego wartości technologicznej.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2006–2008 w statycznym doświadczeniu nawozowym w Mochelku k. Bydgoszczy. Eksperyment zlokalizowany jest na glebie płowej typowej, z poziomami: A_p , E_{et} , B_t , C i zawartością cząstek spławialnych w poziomie orno-próchnicznym około 15%. Gleba należy do klasy bonitacyjnej IVa i kompleksu żytniego bardzo dobrego. W doświadczeniu przez 53 lata utrzymywano 14 zróżnicowanych obiektów nawozowych: bez nawożenia, słoma + NPK, wyłącznie NPK + Ca, wyłącznie NPK, wyłącznie obornik oraz obornik wraz z: PK, NK, NKMg, NP, NPMg, NPK, NPKMg, NPK + Ca, NPKMg + Ca. Duże, na wielu obiektach niekorzystne, zmiany właściwości chemicznych gleby wymusiły konieczność zastosowania nawożenia rekultywacyjnego. Przez 6 kolejnych lat, poprzedzających badane ogniwo zmianowania, stosowano dwa wyznaczone prostopadłe względem powyższych obiekty nawozowe. Pierwszy – mniej intensywny 3 t $CaO \cdot ha^{-1}$ oraz średniorocznie 60 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$ i 40 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$. Drugi – intensywny: 6 t $CaO \cdot ha^{-1}$ oraz 120 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$ i 80 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$. W rezultacie pszenicę uprawiano w doświadczeniu dwuczynnikowym, w układzie równoważnych podbloków i 4 powtórzeniach. Czynnikiem pierwszym było nawożenie rekultywacyjne z dwoma jego poziomami, a drugim nawożenie wieloletnie zróżnicowane na 14 obiektach.

W trzyletnim okresie badań w 2006 roku uprawiano groch siewny, który był bezpośrednim przedplonem dla pszenicy ozimej ‘Tataros’ wysiewanej następnie w tym stanowisku przez dwa kolejne lata. Wybór odmiany z grupy jakościowej B był celowy, aby czynnik genetyczny zbyt silnie nie determinował wartości technologicznej ziarna i mógł się ujawnić wpływ wcześniejszego wieloletniego nawożenia oraz ewentualne oddziaływanie zróżnicowanego w kolejnych latach przedplonu i przebiegu pogody. Elementy agrotechniki pszenicy ozimej były zgodne z ogólnie przyjętymi zasadami średnio intensywniej technologii jej uprawy, a nawożenie – jednakowe we wszystkich obiektach – wynosiło 100 kg $N \cdot ha^{-1}$, 60 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ i 80 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$.

Corocznie oceniano i weryfikowano statystycznie – analiza wariancji z testowaniem istotności różnic testem Tukeya przy $\alpha = 0,05$ – wybrane parametry jakości ziarna: masę tysiąca ziaren, wyrównanie, gęstość, zawartość glutenu, liczbę opada-

nia i wskaźnik sedymentacji. Oceny wykonano standardowymi metodami przy użyciu aparatury firmy Sadtiewicz Instruments: licznik ziaren, sortownik mechaniczny, gęstościomierz, glutownik, urządzenie do oznaczania liczby opadania, urządzenie do oznaczania wskaźnika sedymentacji. Określono także zmienność parametrów jakości ziarna w kolejnych latach badań będącą skutkiem zróżnicowanego nawożenia gleby. Jako miarę zmienności przyjęto odchylenie standardowe i współczynnik zmienności. Wnioskowanie uogólniające o wpływie nawożenia na jakość ziarna, niezależnie od zróżnicowanych w latach warunków siedliskowych – przebieg pogody, i agrotechnicznych – stanowisko, przeprowadzono na podstawie syntezy wyników badań wykonanej w modelu zakładającym losową zmienność tych warunków.

WYNIKI

W miesiącach wiosennych i letnich 2007 roku, decydujących o jakości ziarna, suma miesięczna opadów i średnia temperatura powietrza były większe niż przeciętnie w wieloleciu (tab. 1). W tych warunkach meteorologicznych i w stanowisku po grochu stwierdzono istotny wpływ nawożenia rekultywacyjnego na liczbę opadania, a nawożenia wieloletniego na: gęstość ziarna, zawartość glutenu, liczbę opadania i wskaźnik sedymentacji. Istotne było również interakcyjne oddziaływanie sposobów nawożenia na masę tysiąca ziaren (tab. 2). Przebieg pogody w 2008 roku był inny. Przy wyższych niż w wieloleciu temperaturach powietrza mniejsze były sumy opadów. Jakość ziarna pszenicy ozimej uprawianej wówczas w stanowisku po so-

Tabela 1

Warunki meteorologiczne w okresie realizacji badań – według stacji meteorologicznej w Mochełku
Weather conditions throughout the research period: according to the meteorological station
at Mochełek

Rok Year	Miesiąc; Month											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Suma opadów; Sum of precipitations (mm)												
2006	-	-	-	-	-	-	-	-	40,6	12,1	33,9	31,4
2007	75,9	28,0	47,9	17,6	73,1	105,5	104,7	17,5	37,6	19,9	22,3	36,0
2008	48,2	15,9	61,2	38,7	11,5	15,5	58,7	-	-	-	-	-
Wielolecie Multi-year	24,0	19,2	23,7	27,8	42,2	54,1	71,0	51,2	41,4	31,9	31,8	31,7
Średnia temperatura dobową; Mean daily temperature (°C)												
2006	-	-	-	-	-	-	-	-	15,2	9,6	5,2	3,7
2007	2,7	-1,0	5,0	8,5	13,8	18,2	18,0	17,8	12,4	6,9	1,3	0,3
2008	0,5	2,8	3,0	7,6	13,2	17,6	19,2	-	-	-	-	-
Wielolecie Multi-year	-2,3	-1,5	1,8	7,3	12,8	16,2	18,0	17,4	13,2	8,2	3,0	-0,5

Tabela 2

Istotność wpływu zróżnicowanego nawożenia na parametry jakości ziarna pszenicy ozimej w latach badań

Significance of the effect of varied fertilization on winter wheat grain quality parameters

Parametr Parameter	Rok badań; Research year					
	2006/2007			2007/2008		
	nawożenie; fertilization ^x					
	A	B	AxB	A	B	AxB
Masa tysiąca ziaren; Thousand grain weight	ni.	ni.	*	ni.	*	ni.
Wyrównanie ziarna; Grain uniformity	ni.	ni.	ni.	ni.	ni.	ni.
Gęstość ziarna; Weight test	ni.	*	ni.	ni.	ni.	ni.
Zawartość glutenu; Content of gluten	ni.	*	ni.	ni.	*	ni.
Liczba opadania; Falling number	*	*	ni.	ni.	ni.	ni.
Wskaźnik sedymentacji; Sedimentation index	ni.	*	ni.	*	*	ni.

A – nawożenie rekultywacyjne; reclamation fertilization

B – nawożenie wieloletnie; many-year fertilization

* wpływ istotny; significant effect

ni. – wpływ nieistotny; insignificant effect

Tabela 3

Zmienność parametrów jakości ziarna pszenicy ozimej w latach badań pod wpływem zróżnicowanego nawożenia

Variation in parameters of winter wheat grain quality as affected by varied fertilization

Parametr Parameter	Rok badań; Research year			
	2006/2007		2007/2008	
	miara zmienności; measure of variation			
	odchylenie standardowe standard deviation	współczynnik zmienności variation coefficient	odchylenie standardowe standard deviation	współczynnik zmienności variation coefficient
Masa tysiąca ziaren Thousand grain weight	2,47	6,18	3,82	10,51
Wyrównanie ziarna Grain uniformity	2,53	2,70	7,30	8,64
Gęstość ziarna Weight test	1,71	2,37	1,51	1,89
Zawartość glutenu Content of gluten	3,82	15,90	4,05	15,30
Liczba opadania Falling number	27,57	8,19	22,77	5,36
Wskaźnik sedymentacji Sedimentation index	5,76	15,60	8,01	14,53

Tabela 4

Wpływ zróżnicowanego nawożenia na fizyczne parametry ziarna pszenicy ozimej
Effect of varied fertilization on physical parameters of winter wheat grain

Nawożenie wieloletnie Many-year fertilization	Parametr; Parameter								
	masa tysiąca ziaren thousand grain weight			wyrównanie ziarna grain uniformity			gęstość ziarna weight test		
	nawożenie rekultywacyjne; reclamation fertilization								
	I	II	średnio mean	I	II	średnio mean	I	II	średnio mean
bez nawożenia without fertilisation	37,1	38,1	37,6	87,9	88,9	88,4	75,8	75,5	75,7
słoma + NPK straw + NPK	35,7	38,6	37,2	85,7	90,4	88	75,1	76	75,6
NPKCa	39,5	39,4	39,5	86,4	90,3	88,4	75,4	76,2	75,8
NPK	37,8	38,9	38,4	88,5	91,1	89,8	75,8	76,2	76
obornik; manure	38,7	38,3	38,6	89,4	89,8	89,6	75,8	76,5	76,1
obornik + PK manure + PK	38,7	37,5	38	89,6	91,1	90,3	76,6	76,8	76,7
obornik + NK manure + NK	35,2	39,1	37,2	85	90	87,5	74,9	76,3	75,6
obornik + NKMg manure + NKMg	35,5	38,4	36,9	84,6	89,9	87,2	75	76,1	75,6
obornik + NP manure + NP	37,2	36,9	37	87,4	88,5	87,9	75,6	75,9	75,7
obornik + NPMg manure + NPMg	38,7	37,4	38	89,1	88,5	88,8	75,9	75,6	75,7
obornik + NPK manure + NPK	36,9	37,8	37,3	87	89,8	88,4	75,7	76,4	76
obornik + NPKMg manure + NPKMg	37,4	40,2	38,8	89,6	91,2	90,4	76,3	77,1	76,7
obornik + NPKCa manure + NPKCa	39,5	40	39,8	91,2	91,6	91,4	77,1	76,9	77
obornik + NPKMgCa manure + NPKMgCa	39,4	40	39,9	91,7	92,1	91,9	77	76,9	77
Średnio; Mean	37,7	38,6	38,1	88,1	90,2	89,1	75,9	76,3	76,1
NIR; LSD ($\alpha=0,05$) dla: for:									
nawożenia rekultywacyjnego (R) reclamation fertilization (R)			0,72			ni.			ni.
nawożenia wieloletniego (W) many-year fertilization (W)			ni.			4,46			1,35
interakcji; interaction									
R x W			1,99			ni.			ni.
W x R			4,15			ni.			ni.

I – nawożenie mniej intensywne; less intensive fertilization

II – nawożenie intensywne; intensive fertilization

ni. – nieistotne; nonsignificant

Tabela 5

Wpływ zróżnicowanego nawożenia na jakość technologiczną ziarna pszenicy ozimej
Effect of varied fertilization on the technological quality of winter wheat grain

Nawożenie wieloletnie Many-year fertilization	Parametr; Parameter								
	zawartość glutenu content of gluten			liczba opadania falling number			wskaźnik sedimentacji sedimentation index		
	nawożenie rekultywacyjne; reclamation fertilization ^{xx}								
	I	II	średnio mean	I	II	średnio mean	I	II	średnio mean
bez nawożenia without fertilisation	25,1	25,0	25,0	389,6	364,8	377,2	45,5	41,3	43,4
słoma + NPK straw + NPK	28,4	23,4	25,9	387,9	384,6	386,3	47,1	42,5	44,8
NPKCa	28,0	21,7	24,8	373,8	380,4	377,1	49,5	40	44,8
NPK	26,0	23,3	24,6	375,3	374,8	375,0	48,5	43,4	45,9
obornik; manure	25,9	23,6	24,7	364,6	376,1	370,4	50,0	41,9	45,9
obornik + PK manure + PK	27,5	23,7	25,6	387,8	389	388,4	50,1	42,4	46,3
obornik + NK manure + NK	29,6	26,0	27,8	377,6	384,6	381,1	53,5	47,3	50,4
obornik + NKMg manure + NKMg	29,9	25,8	27,8	379,3	387,9	383,6	53,9	48,5	51,2
obornik + NP manure + NP	27,3	25,1	26,2	381,3	366,1	373,7	50	46,4	48,2
obornik + NPMg manure + NPMg	27,4	24,8	26,1	383,9	392,1	388	49	44,8	46,9
obornik + NPK manure + NPK	27,0	24,8	25,9	384,9	378,6	381,8	51,1	46	48,6
obornik + NPKMg manure + NPKMg	26,4	23,8	25,1	383,9	402	392,9	51,6	42,9	47,3
obornik + NPKCa manure + NPKCa	22,3	20,5	21,4	382,1	365	373,6	42	37,5	39,8
obornik+NPKMgCa manure+NPKMgCa	22,0	21,9	22,0	394,8	371,1	382,9	42,6	40,0	41,3
Średnio; Mean	26,6	23,8	25,2	381,9	379,8	380,8	48,9	43,1	46,0
NIR; LSD ($\alpha=0,05$) dla: for:									
nawożenia rekultywacyjnego (R) reclamation fertilization (R)			2,02			ni			4,04
nawożenia wieloletniego (W) many-year fertilization (W)			2,95			ni			5,33
interakcji; interaction									
R x W			3,09			ni			ni
W x R			4,2			ni			ni

ni. – nieistotne; nonsignificant

I, II – patrz tab. 4; see table 4

bie zależała od nawożenia rekultywacyjnego – wskaźnik sedymentacji, i nawożenia wieloletniego: masa tysiąca ziaren, zawartość glutenu i wskaźnik sedymentacji. Nie stwierdzono natomiast współdziałania obydwu sposobów nawożenia w kształtowaniu cech jakości ziarna (tab. 1, tab. 2).

Zmienność masy tysiąca ziaren i wyrównania ziarna pod wpływem nawożenia była wyraźnie większa w 2008 niż 2007 roku. Natomiast wskaźnik sedymentacji, a zwłaszcza liczba opadania ziarna zebranego w 2007 roku były bardziej zróżnicowane w efekcie wcześniejszego nawożenia gleby niż u ziarna ze zbioru w 2008 roku (tab. 3).

Zastosowane intensywne nawożenie rekultywacyjne spowodowało zwiększenie masy tysiąca ziaren oraz zmniejszenie zawartości glutenu i wskaźnika sedymentacji, niezależnie od roku i stanowiska, w którym była uprawiana pszenica ozima, w porównaniu z wielkością tych parametrów ziarna z obiektów nawożonych mniej intensywnie (tab. 4, tab. 5). Wcześniejsze wieloletnie nawożenie istotnie zróżnicowało wyrównanie i gęstość ziarna oraz zawartość glutenu i wskaźnik sedymentacji, choć jego wpływ na masę tysiąca ziaren i zawartość glutenu zależał od nawożenia rekultywacyjnego. Masa tysiąca ziaren z obiektu, w którym gleby nie nawożono przez wiele lat fosforem, a następnie zastosowano mniej intensywne nawożenie rekultywacyjne, była istotnie mniejsza niż w obiektach nawożonych obornikiem + NPKCa, obornikiem + NPKMgCa oraz NPKCa. Intensywny poziom nawożenia rekultywacyjnego wpłynął korzystnie na tę cechę tylko w obiektach nawożonych wcześniej obornikiem wraz z: NK, NKMg i NPKMg oraz słomą + NPK. Ziarno najbardziej wyrównane i o największej gęstości miała pszenica uprawiana na glebie nawożonej przez wiele lat obornikiem + NPKCa i obornikiem + NPKMgCa, niezależnie od dalszego nawożenia rekultywacyjnego. Najmniejsze wartości tych cech stwierdzono natomiast w obiektach, w których nie stosowano fosforu oraz w obiekcie z nawożeniem słomą + NPK, choć różnice nie w każdym przypadku były istotne (tab. 4).

Ziarno pszenicy ozimej z obiektów z wieloletnim nawożeniem obornikiem + NPKCa i obornikiem + NPKMgCa zawierało najmniej glutenu, a różnica w stosunku do zawartości w ziarnie z obiektów nie nawożonych fosforem była szczególnie duża w obiekcie rekultywowanym mniej intensywnie (tab. 5). W podobny sposób, choć niezależnie od nawożenia rekultywacyjnego, wieloletnie nawożenie wpłynęło na wskaźnik sedymentacji.

DYSKUSJA

Nawożenie będąc źródłem łatwo dostępnych składników pokarmowych wnoszonych do gleby przed lub w trakcie wegetacji rośliny zbożowej kształtuje jakość ziarna. Jakość ta może być również skutkiem wcześniejszego nawożenia wieloletniego, wpływającego na różne właściwości gleby. Decyduje to nie tylko o bezpośrednim zaopatrzeniu rośliny w składniki pokarmowe, ale również o żyzności i urodzajności

gleby (11). W korzystnych warunkach glebowych rośliny uprawne wytwarzają dużą ilość biomasy, w tym organów tworzących plon, jednak przy okresowym niedoborze łatwo dostępnych składników pokarmowych, zwłaszcza azotu, może być utrudniona biosynteza białka lub jego frakcji. Powoduje to mniejszą jego zawartość w plonie, a określane jest mianem efektu rozcieńczenia. Na takie uwarunkowania jakości plonu w zależności od nawożenia, na przykładzie fosforu, wskazują wyniki badań Grzebisza i in. (1). Zależnościami tymi można tłumaczyć wyniki badań własnych. Najdородniejsze ziarno – o największej masie tysiąca sztuk, wyrównaniu i gęstości – uzyskano uprawiając pszenicę ozimą na glebie nawożonej przez wiele lat regularnie obornikiem oraz zrównoważonymi dawkami makroelementów i wapnowanej. W obiektach tych gleba miała najkorzystniejsze właściwości chemiczne (2), a plony pszenicy w okresie badań były największe (dane niepublikowane). Ujawniła się również tendencja korzystnego oddziaływania kilkuletniego intensywnego nawożenia rekultywacyjnego na fizyczne parametry ziarna. Jednocześnie wpływ nawożenia wieloletniego i rekultywacyjnego na zawartość glutenu i wskaźnik sedymentacji był odwrotny. Najgorsze parametry jakości technologicznej miało ziarno o najlepszych cechach fizycznych, z obiektów o największym plonie. Średnio intensywne nawożenie azotem – $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, okazało się prawdopodobnie zbyt małe do uzyskania w tych obiektach wysokiego plonu i jednocześnie ziarna o dużej zawartości glutenu.

Zróznicowanie cech jakościowych ziarna pszenicy ozimej w kolejnych latach badań było zapewne skutkiem odmiennych warunków siedliskowych. Z badań innych autorów wynika, że istotnymi czynnikami modyfikującymi jakość ziarna pszenicy są zmianowanie roślin i przebieg pogody (15, 16). W pierwszym roku, gdy pszenica była uprawiana w stanowisku po grochu, a obfitujące w opady i ciepłe miesiące wiosenno-letniej wegetacji sprzyjały wykształceniu dużego i wyrównanego ziarna, wieloletnie nawożenie w mniejszym stopniu różnicowało te parametry niż w mniej korzystnych warunkach 2008 roku. Z kolei w drugim roku, w stanowisku po pszenicy i przy małej ilości opadów nawożenie wieloletnie słabiej zróznicowało liczbę opadania. Na istotny wpływ warunków meteorologicznych oraz ich interakcję z przedplonem w oddziaływaniu na cechy jakości technologicznej ziarna pszenicy ozimej wskazuje Woźniak (14). W badaniach tego autora wpływ stanowiska, w którym uprawiano pszenicę, na zawartość białka i glutenu mokrego oraz wskaźnik sedymentacji był różny w latach.

WNIOSKI

1. Wpływ nawożenia rekultywacyjnego na niektóre parametry jakości ziarna pszenicy ozimej zależy od warunków siedliskowo-agrotechnicznych w latach jej uprawy, w tym od wcześniejszego nawożenia organicznego i mineralnego.

2. Nawożenie rekultywacyjne w największym stopniu wpływa na masę tysiąca ziaren, zawartość glutenu oraz wskaźnik sedymentacji.

3. Nawożenie gleby zrównoważonymi dawkami nawozów mineralnych, obornikiem i jej wapnowanie oraz intensywne nawożenie rekultywacyjne pozwala otrzymać dorodne ziarno pszenicy ozimej, o dużej masie tysiąca ziaren i wyrównane, które może jednak zawierać mniej glutenu i mieć mniejszy wskaźnik sedymentacji niż ziarno pszenicy nawożonej mniej intensywnie.

4. Niezrównoważone i mniej intensywne nawożenie, stwarzając gorsze warunki do plonowania roślin, pogarsza parametry fizyczne ziarna, choć może wpływać na zwiększenie zawartości glutenu i wzrost wskaźnika sedymentacji.

LITERATURA

1. Grzebisz W., Potarzycki J., Biber M., Szczepaniak W.: Reakcja roślin uprawnych na nawożenie fosforem. *J. Elementol.*, 2003, **8(3)** Suppl.: 83-93.
2. Jaskulska I.: Wpływ wieloletniego zróżnicowanego nawożenia na niektóre właściwości chemiczne warstwy ornej i podornej gleby. *Fragm. Agron.*, 2003, **1(77)**: 29-39.
3. Jaskulska I.: Wpływ wieloletniego zróżnicowanego nawożenia na jakość plonów roślin w zmianowaniu. *Ann. UMCS*, 2004, Sec. E, **59(2)**: 569-577.
4. Kłupczyński Z., Ralcewicz M., Knapowski T.: Wpływ nawożenia fosforowo-potasowego na plon ziarna i wartość wypiekową pszenicy ozimej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2001, **480**: 245-251.
5. Kłupczyński Z., Ralcewicz M., Knapowski T., Murawska B.: Ocena wartości wypiekowej chlebowych odmian pszenicy jarej pod wpływem zróżnicowanego nawożenia fosforem i potasem. *Nawozy Nawoż.*, 2000, **3a**: 73-81.
6. Mazurek J., Jaśkiewicz B., Kłupczyński Z.: Plonowanie i jakość ziarna pszenicy ozimej w zależności od techniki nawożenia azotem. *Pam. Puł.*, 1999, **118**: 263-270.
7. Podleśna A., Cacak-Pietrzak G., Sowiński M.: Reakcja pszenicy ozimej na nawożenie siarką w doświadczeniu polowym. *Nawozy Nawoż.*, 2003, **4**: 169-179.
8. Podolska G.: Wpływ dawki i sposobu nawożenia azotem na plon i wartość technologiczną ziarna odmian pszenicy ozimej. *Acta Sci. Pol.*, 2008, *Agricultura*, **7(1)**: 57-65.
9. Podolska G., Stankowski S., Podolski B.: Plonowanie i wartość technologiczną ziarna pszenicy ozimej w zależności od warunków glebowych. *Pam. Puł.*, 2005, **139**: 189-197.
10. Stankowski S., Smagacz J., Hury G., Ułasik S.: Wpływ intensywności nawożenia azotem na jakość ziarna i mąki odmian pszenicy ozimej. *Acta Sci. Pol.*, 2008, *Agricultura*, **7(3)**: 105-114.
11. Stewart C.M., McBratney A.B., Skerritt J.H.: Site-Specific Durum Wheat Quality and Its Relationship to Soil Properties in a Single Field in Northern New South Wales. *Precis. Agric.*, 2002, **3**: 155-168.
12. Wacławowicz R., Parylak D., Śniady R.: Następny wpływ nawożenia organicznego oraz mineralnego azotowego na plonowanie oraz wybrane cechy jakościowe ziarna pszenicy jarej. *Pam. Puł.*, 2005, **139**: 277-288.
13. Wiater J.: Zawartość i plon białka pszenicy ozimej w warunkach następczego oddziaływania odpadów. *Ann. UMCS*, 2004, Sec. E, **59(2)**: 579-587.
14. Woźniak A.: Wpływ przedplonów na plon i jakość ziarna pszenicy ozimej. *Acta Sci. Pol.*, 2006, *Agricultura*, **5(2)**: 99-106.
15. Woźniak A.: Plonowanie i jakość ziarna pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) odmiany Lloyd uprawianej w zmianowaniach o różnym jej udziale. *Acta Agrophys.*, 2008, **12(3)**: 825-833.
16. Woźniak A., Stanisławski M.: Wpływ warunków pogodowych na jakość technologiczną ziarna pszenicy jarej (odmiana Opatka) i pszenicy ozimej (odmiana Korweta). *Acta Agrophys.*, 2007, **9(2)**: 525-540.

EFFECT OF RECLAMATION FERTILIZATION ON THE QUALITY
OF WINTER WHEAT GRAIN

Summary

A long-term field experiment, carried out over 2006–2008, investigated an effect two levels of reclamation fertilization after the period of unbalanced many-year fertilization, on the grain quality including some parameters of technological value. It was found that winter wheat grain grown for many years on the soil regularly fertilized with balanced doses of mineral fertilisers: NPK and Mg, as well as with manure and limed was plump with a high thousand grain weight and even but it contained less gluten and demonstrated a lower value of sedimentation index than in many treatments of unbalanced fertilization. Similar changes in the grain quality occurred as a result of a six-year intensive reclamation fertilization, as compared with the grain quality in the reclamation treatments with a 50% dose of phosphorus-potassium and calcium fertilizers.

Praca wpłynęła do Redakcji 27 X 2009 r.

BOGUSŁAWA JAŚKIEWICZ

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

WPŁYW NAWOŻENIA AZOTEM NA PLONOWANIE I ZAWARTOŚĆ BIAŁKA W ZIARNIE NOWYCH ODMIAN PSZENŻYTA OZIMEGO

Effect of nitrogen fertilization on yield and protein content in grain of winter triticale cultivars

ABSTRAKT: W latach 2005–2008 przeprowadzono badania w wazonach z nowymi odmianami pszenżyta ozimego w celu zbadania ich reakcji na dawki N; 1,2, 2,4 i 3,6 g na wazon. Określono plon ziarna, jego strukturę, zawartość białka w ziarnie. Odmiany Gniewko, Pizarro, Aliko, Algosy wykazały wzrost plonu ziarna przy dawce 2,4 g N w porównaniu z dawką 1,2 g N na wazon, a odmiany Atletico i LAD 93/01, Grenado, Trismart, Aliko charakteryzowały się dalszym istotnym wzrostem plonu przy dawce 3,6 g N na wazon.

Wszystkie odmiany reagowały znacznym wzrostem zawartości białka w ziarnie oraz plonu białka na zwiększanie dawki azotu. Najwyższą zawartością białka w ziarnie wykazały się odmiany: Gniewko i Atletico. Wysokim plonem ziarna wyróżniały się odmiany: Trismart, Aliko i Algosy.

słowa kluczowe – key words:

dawki azotu – *nitrogen rates*, odmiany – *cultivars*, pszenżyto ozime – *winter triticale*, struktura plonu – *yield components*, zawartość białka – *protein content*

WSTĘP

Nawożenie azotem jest jednym z podstawowych czynników plonotwórczych. Wpływa w różnym stopniu na zmiany w strukturze plonu określonych genotypów. Zwiększa rozkrzewienie produkcyjne roślin, a przez to obsadę kłosów na jednostce powierzchni, masę ziarna z rośliny i kłosa oraz zawartość białka w ziarnie. Dotychczasowe badania wskazują na różną reakcję odmian pszenżyta ozimego na nawożenie azotem. Dzieżyc (3), Listowski (7), Ceglińska i in. (1) uważają, że jest to uwarunkowane genetycznie i wiąże się z odmiennym metabolizmem odmian, a tym samym ze zróżnicowanymi wymaganiami pokarmowymi. Noworolnik (8, 9) tłumaczy to zróżnicowaniem odmian pod względem niektórych cech morfologiczno-fizjologicznych. Słabiej krzewiące się odmiany, o większej długości pędów, przez to mniej sztywnych i elastycznych (zwiększona podatność na wyleganie) nie reagują dodatnio na duże dawki azotu.

W związku z wprowadzeniem do Krajowego Rejestru nowych odmian pszenżyta ozimego istnieje konieczność zbadania ich wymagań odnośnie nawożenia azotem.

Celem badań jest określenie wpływu nawożenia azotem na wielkość plonu i jego strukturę oraz zawartość białka w ziarnie nowych odmian pszenżyta ozimego.

METODYKA

Doświadczenia wazonowe przeprowadzono w hali wegetacyjnej IUNG-PIB w Puławach. Badano reakcję odmian Gniewko, Atletico, LAD 93/01, Pizarro, Aliko (w latach 2005–2006) oraz Gniewko, Grenado, Algosó, Trismart i Aliko (w latach 2007–2008) na 3 poziomy nawożenia azotem: 1,2, 2,4 i 3,6 g N na wazon. Połowę dawki azotu (w postaci NH_4NO_3) stosowano w czasie ruszenia wegetacji, drugą zaś w fazie pełni strzelania w źdźbło. W celu zapewnienia roślinom optymalnej ilości składników pokarmowych do podłoża dodano: 0,8 g P, 1,7 g K, 0,4 g Mg, 50 mg Fe, 5 mg B i 3 mg Cu/wazon.

Doświadczenie założono w 3 powtórzeniach, metodą serii niezależnych.

Siew wykonano w drugiej dekadzie września. W fazie 2 liści pozostawiono (po przerywce) po 10 roślin w wazonie. Wilgotność gleby utrzymywano przez cały okres wegetacji na poziomie 60% polowej pojemności wodnej. W fazie dojrzałości pełnej określono plon ziarna z wazonu i cechy struktury plonu oraz zawartość białka w ziarnie (metodą Kjeldahla – $\text{N} \times 5,83$). Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji, za pomocą testu Tukeya.

WYNIKI

Badane odmiany wykazały odmienną reakcję na wzrastające dawki azotu. Stwierdzono współdziałanie w plonie ziarna między odmianami a dawką azotu. Wszystkie odmiany plonowały wyżej przy dawce 2,4 g N w stosunku do dawki 1,2 g N na wazon. Dalszy istotny wzrost plonu ziarna przy dawce 3,6 g N na wazon wykazały odmiany Atletico i LAD 93/01 (tab. 1), Grenado, Trismart, Aliko (tab. 2). Odmiany: Gniewko, Pizarro, Aliko, Algosó charakteryzowały się zbliżonym plonem przy dużej dawce N w porównaniu z dawką średnią.

W miarę zwiększania dawki N następował istotny wzrost zawartości białka w ziarnie badanych odmian (tab. 1, 2). Najwyższy przyrost wartości tej cechy na dużej dawce N obserwowano u odmian Gniewko, Trismart i Aliko. Jedynie w przypadku odmiany Atletico i Aliko wzrost zawartości białka przy dawce 3,6 g N w stosunku do dawki 2,4 g N na wazon nie był istotny. Wszystkie odmiany reagowały silnym wzrostem plonu białka na podwyższenie poziomu nawożenia. Przy dawce 3,6 g N na wazon w stosunku do dawki 1,2 g N na wazon uzyskano ponad dwukrotne zwiększenie plonu białka.

Tabela 1

Wpływ dawek azotu na plon i zawartość białka w ziarnie odmian pszenżyta ozimego (2005–2006)
Effect of nitrogen rate on yield and protein content in grain of winter triticale cultivars (2005–2006)

Odmiana Cultivar	Dawka N (g/wazon) N rate (g/pot)	Plon ziarna (g/wazon) Grain yield (g/pot)	Zawartość białka w ziarnie (% s.m.) Protein content in grain (% d.m.)	Plon białka (g/wazon) Protein yield (g/pot)
Gniewko	1,2	42,8	9,3	4,0
	2,4	59,9	13,3	8,0
	3,6	57,5	15,7	9,0
	średnio; mean	53,4	12,8	6,8
Atletico	1,2	48,5	8,8	4,3
	2,4	62,7	13,2	8,3
	3,6	73,2	13,9	10,2
	średnio; mean	61,5	12,0	7,4
LAD 93/01	1,2	57,0	7,5	4,3
	2,4	69,3	11,3	7,8
	3,6	79,5	12,3	9,8
	średnio; mean	68,6	10,4	7,1
Pizarro	1,2	56,3	7,3	4,1
	2,4	74,7	11,3	8,4
	3,6	75,2	12,7	9,5
	średnio; mean	68,7	10,4	7,1
Aliko	1,2	49,1	8,0	3,9
	2,4	68,2	11,5	7,8
	3,6	64,3	13,2	8,5
	średnio; mean	60,5	10,9	6,6
Średnio; Mean	1,2	50,7	8,2	4,2
	2,4	66,9	12,1	8,1
	3,6	69,9	13,6	9,5
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for:				
odmian; cultivars		8,42	0,6	0,6
dawek N; N rate		5,55	0,9	0,7
interakcji czynników factors interaction		1,24	1,1	r.n.

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

W pierwszej serii doświadczeń stwierdzono wyższą zawartość białka w ziarnie aniżeli w drugiej, w której odmiany pszenżyta wyżej plonowały. Przy niższym poziomie plonowania uzyskano wyższą zawartość białka w ziarnie.

Liczba kłosów w wazonie oraz cechy produkcyjności kłosa badanych odmian zmieniały się niejednakowo pod wpływem wzrostu dawki azotu z 1,2 do 3,6 g na wazon. Dawka 2,4 g N na wazon istotnie zwiększyła liczbę kłosów w wazonie

Tabela 2

Wpływ dawek azotu na plon i zawartość białka w ziarnie odmian pszenżyta ozimego (2007–2008)
Effect of nitrogen rate on yield and protein content in grain of winter triticale cultivars (2007–2008)

Odmiana Cultivar	Dawka N (g/wazon) N rate (g/pot)	Plon ziarna (g/wazon) Grain yield (g/pot)	Zawartość białka w ziarnie (% s.m.) Protein content in grain (% d.m.)	Plon białka (g/wazon) Protein yield (g/pot)
Gniewko	1,2	52,5	8,3	4,4
	2,4	82,0	10,9	8,9
	3,6	81,5	12,2	9,9
	średnio; mean	72,0	10,5	7,6
Grenado	1,2	48,2	8,7	4,2
	2,4	72,5	10,8	7,8
	3,6	84,6	12,1	10,2
	średnio; mean	68,4	10,5	7,2
Algoso	1,2	72,6	6,5	4,7
	2,4	101,9	9,2	9,4
	3,6	105,5	10,4	11,0
	średnio; mean	93,3	8,7	8,1
Trismart	1,2	59,1	7,6	4,5
	2,4	94,5	9,7	9,2
	3,6	109,9	11,3	12,4
	średnio; mean	87,8	9,5	8,3
Aliko	1,2	62,3	7,7	4,8
	2,4	88,0	10,8	9,5
	3,6	107,2	11,5	12,3
	średnio; mean	85,8	10,0	8,6
Średnio; Mean	1,2	58,9	7,8	4,6
	2,4	87,8	10,3	9,0
	3,6	97,7	11,5	11,2
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for:				
odmian; cultivars		9,15	0,78	0,91
dawek N; N rate		6,03	0,62	0,89
interakcji czynników factors interaction		10,5	r.n.	r.n.

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

u odmian Atletico, LAD 93/01, Grenado, Algoso, Trismart, Aliko. Odmiany Gniewko, Pizarro, Aliko, Algoso wykazały wzrost liczby kłosów w wazonie wraz ze zwiększeniem dawki azotu z 1,2 g do 3,6 g N na wazon.

W latach 2005–2006 nie stwierdzono istotnego zróżnicowania w liczbie ziaren w kłosie u badanych odmian w zależności od dawki nawożenia azotem, natomiast wystąpiły różnice między odmianami. Największą liczbę ziaren w kłosie stwier-

Tabela 3

Struktura plonu odmian pszenżyta ozimego (2005–2006)
Yield components of winter triticale cultivars (2005–2006)

Odmiana Cultivar	Dawka N (g/wazon) N rate (g/pot)	Liczba kłosów w wazonie Ear number per pot	Liczba ziaren w kłosie Grain number per ear	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight (g)
Gniewko	1,2	28	46	32,9
	2,4	35	54	31,9
	3,6	41	53	26,4
	średnio; mean	35	51	30,4
Atletico	1,2	31	45	34,6
	2,4	48	45	29,5
	3,6	48	49	31,3
	średnio; mean	42	47	31,8
LAD 93/01	1,2	24	69	34,7
	2,4	37	64	29,6
	3,6	37	73	30,0
	średnio; mean	33	69	31,4
Pizarro	1,2	30	48	39,6
	2,4	47	48	33,4
	3,6	51	47	27,8
	średnio; mean	43	48	33,6
Aliko	1,2	21	52	39,4
	2,4	38	54	32,9
	3,6	45	58	31,8
	średnio; mean	35	55	34,7
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for:				
odmian; cultivars		0,45	8,3	2,75
dawek N; N rate		0,30	r.n.	1,82
interakcji czynników factors interaction		0,67	r.n.	4,06

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

dzono u odmiany LAD 93/01 i Aliko (lata 2007–2008), najmniejszą zaś u Atletico i Pizarro (tab. 3, 4). Odmiana Aliko najsilniej zareagowała wzrostem liczby ziaren w kłosie na dawkę 3,6 g N na wazon.

Masa 1000 ziaren odmian badanych w latach 2005–2006 (tab. 3) była mniejsza przy dużej dawce azotu w porównaniu do dwóch pozostałych dawek, natomiast nie zmieniała się istotnie pod wpływem dawki N u odmian uwzględnionych w drugim cyklu badawczym, z wyjątkiem odmiany Gniewko (tab. 4). Największą masą 1000 ziaren charakteryzowała się odmiana Trismart.

Tabela 4

Struktura plonu odmian pszenżyta ozimego (2007–2008)
Yield components of winter triticale cultivars (2007–2008)

Odmiana Cultivar	Dawka N (g/wazon) N rate (g/pot)	Liczba kłosów w wazonie Ear number per pot	Liczba ziaren w kłosie Grain number per ear	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight (g)
Gniewko	1,2	26	56	37,5
	2,4	35	56	42,3
	3,6	40	50	41,2
	średnio; mean	33	54	40,3
Grenado	1,2	24	55	36,7
	2,4	33	56	39,6
	3,6	33	58	44,6
	średnio; mean	30	57	40,3
Algoso	1,2	31	47	48,8
	2,4	39	57	47,2
	3,6	43	54	45,7
	średnio; mean	38	53	47,2
Trismart	1,2	22	49	54,6
	2,4	34	48	57,9
	3,6	35	55	57,2
	średnio; mean	30	51	56,6
Aliko	1,2	24	56	47,1
	2,4	34	59	43,7
	3,6	35	69	44,1
	średnio; mean	31	61	45,0
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for:				
odmian; cultivars		4,64	6,50	3,50
dawek N; N rate		3,06	4,29	r.n.
interakcji czynników factors interaction		r.n.	9,60	5,16

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

DYSKUSJA

Badane odmiany różniły się między sobą plonem ziarna i białka oraz strukturą plonu niezależnie od nawożenia azotem. Odmiany Atletico, LAD 93/01, Grenado, Trismart, Aliko charakteryzowały się istotnym wzrostem plonu ziarna przy zwiększeniu dawki N z 2,4 do 3,6 g N/wazon, natomiast plon odmian Gniewko, Pizarro, Aliko, Algoso przy dużej i średniej dawce N był zbliżony.

W literaturze brakuje aktualnych informacji na temat wpływu dawek azotu na wielkość i strukturę plonu nowych odmian pszenżyta ozimego. W doświadczeniach odmianowych COBORU (2) porównano plonowanie aktualnie zarejestrowanych

odmian pszenżyta ozimego przy dwu poziomach intensywności nakładów. Odmiany Algos, Hortenso, Kazo, Sorrento, Todan, Witon, Magnat wykazały wzrost plonu ziarna przy wysokim poziomie agrotechniki w stosunku do przeciętnego.

We wcześniejszych doświadczeniach wazonowych (6) badano tylko niektóre odmiany pszenżyta ozimego. Baltiko, Hortensjo, Moderato, Sorrento, Zorro istotnie zwiększyły plon ziarna przy dawce 3,6 g N w porównaniu z dawką 2,4 g N/wazon, pozostałe plonowały podobnie na zastosowanych dawkach azotu. W niniejszych badaniach odmiany dodatnio reagowały na zwiększenie dawki azotu z 1,2 do 2,4 g N na wazon, a pięć z nich Atletico i LAD 93/01, Grenado, Trismart, Aliko wykazały dalszy istotny wzrost plonu ziarna przy dawce 3,6 g N/wazon. Z badań Szymczyka (11), Ceglińskiej i in. (1), Idkowiaka i in. (4) wynika, że zwiększenie dawki azotu w nawożeniu powodowało wzrost zawartości białka ogółem u wszystkich odmian. Jabłoński i Gandecki (5) wykazali, że zwiększenie dawki azotu mineralnego z 50 do 100 kg·ha⁻¹ powoduje wzrost zawartości białka ogółem w ziarnie pszenżyta ozimego z 11,2 do 12,2%, z tym że badania wykonywano na innych odmianach pszenżyta ozimego i jarego aniżeli uwzględnione w niniejszym opracowaniu. W badaniach własnych stwierdzono wzrost plonu białka pod wpływem zwiększonego nawożenia azotem. Najwyższy przyrost zawartości białka ogółem na dużej dawce N obserwowano u odmian Gniewko, Trismart i Aliko. Idkowiak i in. (4) w podobnych warunkach wykazali wzrost plonu białka średnio o 25% niezależnie od sposobu uprawy roli. Jednocześnie stwierdzili, że wyższe nawożenie azotem poprawia dorodność ziarna.

WNIOSKI

1. Badane odmiany dodatnio reagowały na zwiększenie dawki azotu z 1,2 do 2,4 g N na wazon, a pięć z nich: Atletico i LAD 93/01, Grenado, Trismart, Aliko wykazało dalszy istotny wzrost plonu ziarna przy dawce 3,6 g N/wazon.

2. Wszystkie odmiany reagowały znacznym wzrostem zawartości białka w ziarnie oraz plonu białka na zwiększanie dawki azotu. Najwyższą zawartością białka w ziarnie charakteryzowały się odmiany: Gniewko i Atletico. Wysokim plonem ziarna wyróżniały się odmiany: Trismart, Aliko i Algos.

LITERATURA

1. Ceglińska A., Samborski S., Rozbicki J., Cacak-Pietrzak G., Haber T.: Ocena wartości przemiałowej i wypiekowej odmian pszenżyta ozimego w zależności od nawożenia azotem. Pam. Puł., 2005, **139**: 39-46.
2. Cyfert R.: Wyniki porejestrowych doświadczeń odmianowych. Zboża ozime. COBORU, 2008.
3. Dzieżyc J. (red.): Czynniki plonotwórcze – plonowanie roślin. PWN Warszawa – Wrocław, 1993.
4. Idkowiak M., Kordas L.: Uproszczenia w uprawie roli i nawożenie azotem a jakość ziarna pszenżyta ozimego. Pam. Puł., 2005, **139**: 47-54.

5. Jabłoński B., Gandecki R.: Wpływ różnej ilości wysiewu i zróżnicowanego nawożenia azotem na plony pszenżyta i innych zbóż. *Fragm. Agron.*, 1987, **2(14)**: 19-30.
6. Jaśkiewicz B.: Reakcja nowych odmian pszenżyta ozimego na czynniki agrotechniczne. *Fol. Univ. Agric. Stet. Agric.*, 2006, **247**: 63-69.
7. Listowski A.: Agrofizjologiczne podstawy produktywności roślin. PWN Warszawa, 1979.
8. Noworolnik K.: Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie jęczmienia jarego w różnych warunkach siedliska. *Monogr. Rozpr. Nauk. IUNG*, 2003, **8**.
9. Noworolnik K.: Wpływ odmian i dawki azotu na strukturę plonu i zawartość białka w ziarnie jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.*, 2008, **17**: 261-269.
10. Sułek A., Podolska G., Leszczyńska D., Noworolnik K.: Reakcja zbóż na nawożenie azotem. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2007, **9**: 29-36.
11. Szymczyk S.: Wpływ nawożenia mineralnego na plonowanie i jakość pszenżyta jarego. Cz. II. Azot, białko ogólne i właściwe. *Biul. Nauk.*, 1999, **2**: 137-145.

EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION ON YIELDING AND PROTEIN CONTENT IN GRAIN OF WINTER TRITICALE CULTIVARS.

Summary

Two series of pot experiment were carried out in the period of 2005–2006 and 2007–2008 to determine the response of 9 new winter triticale cultivars to three nitrogen rates: 1.2, 2.4 and 3.6 g N per pot. The Atletico, LAD 93/01, Grenado, Trismart and Aliko cultivars showed a significant increase of grain yield with an increase of N rate to 3.6 g per pot. All the cultivars showed a great increase of protein content in grain with increase of N rate, as well as a protein yield increment. The highest protein content in grain was shown by Gniewko, and Atletico. The highest grain yields were given by Trismart, Aliko and Algosio cultivars.

Praca wpłynęła do Redakcji 27 X 2009 r.

SYLWIA KACZMAREK, KINGA MATYSIAK, PRZEMYSŁAW KARDASZ

Zakład Herbologii i Techniki Ochrony Roślin
Instytut Ochrony Roślin – PIB w Poznaniu

WPLYW OBNIŻONYCH DAWEK TRITOSULFURONU I DIKAMBY NA ZACHWASZCZENIE I PLOWANIE PSZENICY OZIMEJ

Winter wheat response to reduced doses of tritosulfuron + dicamba

ABSTRAKT: Przeprowadzone w latach 2006–2007 badania podjęto w celu oceny reakcji dwóch odmian pszenicy ozimej na zastosowanie obniżonych dawek mieszaniny substancji tritosulfuron + dikamba. Hipoteza podjętych badań zakładała, że oceniane odmiany różnią się poziomem konkurencji względem chwastów, co w konsekwencji wpłynie na różny stopień skuteczności chwastobójczej obniżonych dawek herbicydu. Ścisłe doświadczenia polowe wykonane zostały w Instytucie Ochrony Roślin – PIB, a przedmiotem badań była pszenica ozima odmian Zyta oraz Kris różniących się między sobą wysokością roślin. Dobór odmian podyktowany został próbą określenia ich zdolności konkurencyjnych względem chwastów. W trakcie wegetacji roślin uprawnych wykonano dwie analizy zachwaszczenia łąnu metodą wagową (3–4 tygodnie i 5–6 tygodni po aplikacji herbicydu), podczas których odnotowano skład gatunkowy chwastów, ich liczebność oraz świeżą masę na jednostce powierzchni. Po zbiorze rośliny uprawnej określono plon ziarna, masę 1000 ziaren oraz masę hektolitra ziarna. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że odmianą silniej konkurującą z chwastami była odmiana Zyta. Potwierdzono także przydatność obniżonych dawek substancji tritosulfuron + dikamba w ograniczaniu nasilenia chwastów.

słowa kluczowe – key words:

pszenica ozima – *winter wheat*, odmiany – *varieties*, plonowanie – *yield*, obniżone dawki herbicydów – *reduced herbicide doses*, zachwaszczenie – *weed infestation*

WSTĘP

Wobec obecnej tendencji do redukcji zużycia środków ochrony roślin poszukuje się innych sposobów umożliwiających kontrolowanie zachwaszczenia, które jednocześnie staną się częścią integrowanych metod ochrony roślin (9, 13). Wykorzystanie naturalnych zdolności konkurencyjnych odmian roślin uprawnych może stać się bardzo ważną przesłanką dla zmniejszenia stosowania substancji aktywnych herbicydów, przy jednoczesnym utrzymaniu wysokiej skuteczności chwastobójczej (9). Wiele cech odmianowych roślin uprawnych, jak na przykład szybki początkowy wzrost, krzewistość czy wysokość roślin, może wpływać na wzrost ich konkurencyjności względem chwastów (2, 5, 7).

Liczne doniesienia, zarówno krajowe, jak i zagraniczne, potwierdzają możliwość ograniczenia zużycia substancji aktywnych środków chwastobójczych (3, 8, 10, 12, 14). Autorzy podkreślają, że zdecydowany wpływ na efektywność obniżonych dawek herbicydów miały skład gatunkowy zbiorowiska chwastów oraz faza rozwojowa, w której znajdowały się podczas zabiegu. Z wykonanych badań wynika, że obniżone dawki herbicydów sprawdzają się szczególnie w zbożach jarych, w których chwasty są we wcześniejszych fazach rozwojowych podczas zabiegu i w związku z tym są efektywniej zwalczane.

Celem prowadzonych doświadczeń polowych było określenie wpływu obniżonych dawek substancji tritosulfuron + dikamba na zachwaszczenie oraz plon ziarna pszenicy ozimej odmian Zyta oraz Kris

MATERIAŁ I METODY

Ścisłe doświadczenia dwuczynnikowe, polowe założone zostały na terenie Polowej Stacji Doświadczalnej w Winnej Górze w latach 2006 i 2007. Przedmiotem prowadzonych badań była pszenica ozima odmian Zyta i Kris, w których stosowano mieszaninę substancji tritosulfuron + dikamba, reprezentujących grupę inhibitorów funkcjonowania syntazy acetolaktanowej (tritosulfuron) oraz regulatorów wzrostu (dikamba). Doświadczenie założone metodą bloków losowanych w czterech powtórzeniach zlokalizowano na glebie płowej, zaliczanej do klasy bonitacyjnej IIIa, o odczynie pH = 5,8 oraz zawartości próchnicy 1,61%. Wielkość poletek doświadczalnych wynosiła 16,5 m² (długość 11 m, szerokość 1,5 m). Odmiany zastosowane w doświadczeniu różniły się między sobą wysokością roślin (Kris jest o ok. 30% niższa niż Zyta); (11). Przedplonem dla pszenicy ozimej w roku 2006 było żyto, natomiast w roku 2007 pszenżyto. Zabiegi herbicydem Mocarz 75 WG wykonano ciśnieniowym opryskiwaczem plecakowym „Gloria” o wydatku cieczy opryskowej 200 l·ha⁻¹ w fazie krzewienia pszenicy ozimej, stosując trzy dawki herbicydu: 0,2 kg·ha⁻¹ (dawka zalecana), 0,15 kg·ha⁻¹ oraz 0,1 kg·ha⁻¹. Poziom zachwaszczenia łąnu oceniano metodą ilościowo-wagową, dwukrotnie w ciągu sezonu wegetacyjnego (3–4 tygodnie oraz 5–6 tygodni po aplikacji herbicydu). Określono skład gatunkowy zbiorowiska chwastów, liczebność oraz świeżą masę chwastów z powierzchni próbnych każdego poletka doświadczalnego wyznaczonych ramką o wymiarach 0,25 m x 0,50 m, a wyniki przeliczono na powierzchnię 1 m². Efekty działania pełnych oraz zredukowanych dawek herbicydu porównywano do obiektów kontrolnych poszczególnych odmian, w których nie prowadzono ochrony herbicydowej. Konkurencyjny wpływ odmian na poziom zachwaszczenia oceniano na podstawie plonu ziarna oraz innych wybranych parametrów. Uzyskane wyniki poddano opracowaniu statystycznemu metodą analizy wariancji na poziomie istotności $\alpha \leq 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Przebieg warunków pogodowych, określony na podstawie pomiarów wykonanych w polowej stacji meteorologicznej, różnił się w poszczególnych latach badań (tab. 1). W sezonie wegetacyjnym 2005/2006 średnia dobową temperatura wynosiła 8,0°C, a w sezonie 2006/2007 10,1°C, a suma opadów w poszczególnych latach odpowiednio 447,5 mm oraz 698,9 mm. Korzystniejsze warunki termiczne w okresie wschodów, wznowienia wegetacji wiosennej oraz w fazie rozwoju ziarniaków odnotowano w sezonie 2006/2007, a największe różnice temperatur stwierdzono wczesną wiosną (w sezonie 2005/2006 temperatura była o 5,1°C niższa w porównaniu do sezonu 2006/2007). Również suma opadów dla wymienionych okresów była zdecydowanie wyższa w drugim roku badań. Różnice w wysokości opadów między poszczególnymi sezonami wegetacyjnymi kształtowały się na poziomie 42,2 mm w czasie wschodów pszenicy, 12,6 mm wczesną wiosną oraz 73,7 mm podczas rozwoju ziarniaków.

W latach prowadzonych badań w uprawie pszenicy ozimej dominowały dwa gatunki chwastów: *Viola arvensis* Murray oraz *Chenopodium album* L., natomiast

Tabela 1

Przebieg warunków meteorologicznych w trakcie wegetacji pszenicy ozimej
w sezonie 2005/2006 oraz 2006/2007
Weather conditions during winter wheat vegetation in the seasons 2005/2006 and 2006/2007

Miesiące Months	X	XI	XI	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Sezon Season X–VIII
Średnia dobową temperatura powietrza; Average daily air temperature (°C)												
2005/2006	10,4	3,3	0,6	-6,7	-2,4	0,3	9,1	13,8	17,5	23,9	17,3	8,0
2006/2007	11,3	6,2	3,9	3,9	0,3	5,4	9,8	14,7	18,7	18,5	18,5	10,1
Suma opadów; Amount of precipitation (mm)												
2005/2006	5,1	18,2	84,5	14,8	38,8	27,0	61,8	47,5	14,3	20,3	115,2	447,5
2006/2007	47,3	67,5	47,5	72,9	46,1	39,6	13,0	78,6	88,0	136,3	62,1	698,9

gatunkami towarzyszącymi były: *Amaranthus retroflexus* L., *Anagallis arvensis* L., *Brassica napus* ssp. *oleifera*, *Consolida regalis* Gray, *Descurainia sophia* (L.) Weber, *Euphorbia helioscopia* L., *Fumaria officinalis* L., *Galeopsis tetrahit* L., *Galium aparine* L., *Geranium pusillum* L., *Lamium purpureum* L., *Lycopsis arvensis* L., *Matricaria inodora* L., *Melandrium album* (Mill.) Garcke, *Myosotis arvensis* (L.) Hill, *Papaver rhoeas* L., *Polygonum aviculare* L., *Polygonum convolvulus* L., *Stellaria media* (L.) Vill, *Thlaspi arvense* L., *Veronica arvensis* L.

Oba czynniki doświadczenia (odmiana oraz dawka herbicydu) oddziaływały na zachwaszczenie łąn pszenicy ozimej.

W roku 2006 podczas obu wykonanych ocen zachwaszczenia (3–4 oraz 5–6 tygodni po zabiegu), niezależnie od odmiany pszenicy ozimej, stwierdzono redukcję liczebności oraz świeżej masy chwastów w efekcie stosowania herbicydu Mocarz 75 WG w dawkach $0,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, $0,15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz $0,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w porównaniu do obiektów kontrolnych (tab. 2). Również badane odmiany pszenicy były czynnikiem różnicu-

Tabela 2

Wpływ stosowania zróżnicowanych dawek herbicydu Mocarz 75 WG na liczbę oraz świeżą masę chwastów w uprawie pszenicy ozimej (rok 2006)
Effect of diversification of herbicide Mocarz 75 WG doses on the total weeds number and weeds fresh mass in winter wheat (year 2006)

Obiekty Objects	Liczba chwastów (szt·m ⁻²) Weeds number per sq. m		Świeża masa chwastów (g·m ⁻²) Weeds fresh mass (g·m ⁻²)	
	3–4 wat	5–6 wat	3–4 wat	5–6 wat
Zyta				
Kontrola; Control	114	87	367,0	215,2
$0,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	45	54	41,0	25,8
$0,15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	45	56	70,0	41,6
$0,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	48	46	118,1	61,3
Kris				
Kontrola; Control	121	107	477,0	245,7
$0,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	44	64	60,0	32,0
$0,15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	43	47	76,1	51,7
$0,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	51	49	121,8	70,0
Średnio dla odmiany Zyta Average for Zyta variety	63	61	149,0	86,0
Średnio dla odmiany Kris Average for Kris variety	65	67	183,7	99,9
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for: odmiany; varieties	r.n.	2,23	3,79	9,11
Średnio dla odmian; Average for varieties				
Kontrola; Control	118	97	422,0	230,5
$0,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	45	59	50,5	28,9
$0,15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	44	52	73,1	46,7
$0,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	50	48	120,0	65,7
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for: dawki; doses	3,69	4,22	7,18	17,27
interakcji interaction				
odmiany x dawki varieties x doses	r.n.	4,45	7,58	r.n.
dawki x odmiany doses x varieties	3,89	5,97	10,16	r.n.

wat – tygodnie po zabiegu; weeks after treatment

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

jącym liczbę oraz świeżą masę chwastów, różnice nie zostały potwierdzone statystycznie jedynie dla liczby chwastów podczas pierwszej oceny.

W trakcie pierwszej oceny w obiektach z odmianą Zyta nie odnotowano różnic w liczebności chwastów pomiędzy dawkami herbicydu Mocarz 75 WG, natomiast w przypadku odmiany Kris nie stwierdzono różnic w działaniu dawek 0,2 i 0,15 kg·ha⁻¹.

Tabela 3

Efekt stosowania zróżnicowanych dawek herbicydu Mocarz 75 WG na liczbę oraz świeżą masę chwastów w uprawie pszenicy ozimej (rok 2007)
Effect of diversification of herbicide Mocarz 75 WG doses on the total weeds number and weeds fresh mass in winter wheat cultivation (year 2007)

Obiekty Objects	Liczba chwastów (szt·m ⁻²) Weeds number per sq. m		Świeża masa chwastów (g·m ⁻²) Weeds fresh mass (g·m ⁻²)	
	3–4 wat	5–6 wat	3–4 wat	5–6 wat
Zyta				
Kontrola; Control	76	50	262,6	127,2
0,2 kg·ha ⁻¹	48	25	33,6	18,4
0,15 kg·ha ⁻¹	63	31	60,8	39,9
0,1 kg·ha ⁻¹	63	42	107,2	51,2
Kris				
Kontrola; Control	83	61	361,6	152,3
0,2 kg·ha ⁻¹	42	44	52,4	24,9
0,15 kg·ha ⁻¹	66	46	69,4	45,1
0,1 kg·ha ⁻¹	68	52	115,6	65,3
Średnio dla odmiany Zyta Average for Zyta variety	63	37	116,1	59,2
Średnio dla odmiany Kris Average for Kris variety	65	51	149,8	71,9
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for: odmiany; varieties	0,92	1,23	3,83	1,46
Średnio dla odmian; Average for varieties				
Kontrola; Control	80	56	312,1	139,8
0,2 kg·ha ⁻¹	45	35	43,0	21,7
0,15 kg·ha ⁻¹	65	39	65,1	42,5
0,1 kg·ha ⁻¹	66	47	111,4	58,3
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for: dawki; doses	1,74	2,34	7,25	2,76
interakcji; interaction				
odmiany x dawki varieties x doses	1,84	2,47	7,65	2,91
dawki x odmiany doses x varieties	2,47	3,31	10,25	3,90

Objaśnienia: patrz tabela 2; Explanations: see Table 2

Natomiast wraz ze zmniejszeniem dawek zastosowanego herbicydu Mocarz 75 WG zarówno w obiektach z odmianą Zyta, jak i Kris podczas pierwszej oceny wzrastała istotnie świeża masa chwastów. Jednak redukcja dawki nawet do $0,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ istotnie ograniczyła masę chwastów względem kontroli. Interakcji czynników doświadczalnych nie potwierdzono w trakcie oceny wykonanej 5–6 tygodni po zabiegu. Można stwierdzić, że średnio dla odmian każda z dawek istotnie ograniczała masę chwastów w odniesieniu do obiektów kontrolnych, wykazano także istotne różnice w działaniu poszczególnych dawek. Ponadto, niezależnie od dawek herbicydu, większą masę chwastów stwierdzono w obiektach z odmianą Kris.

W kolejnym roku badań (2007) również stwierdzono wpływ interakcji dawek herbicydu Mocarz 75 WG oraz odmian pszenicy ozimej na liczbę i świeżą masę chwastów (tab. 3). Każda z zastosowanych dawek redukowała istotnie liczbę oraz świeżą masę chwastów w porównaniu do kontroli.

W obiektach z odmianą Zyta oraz Kris istotnie najmniejszą liczbę chwastów podczas pierwszej analizy zachwaszczenia odnotowano w obiektach, w których stosowano dawkę $0,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, nie stwierdzono natomiast różnic w działaniu między dawką $0,15$ a $0,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Ponadto dawka $0,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ działała skuteczniej w obiektach z odmianą Kris, natomiast dawki obniżone – w przypadku odmiany Zyta.

Herbicyd Mocarz 75 WG stosowany w dawkach $0,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, $0,15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz $0,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ istotnie ograniczał świeżą masę chwastów w porównaniu do obiektu kontrolnego, co obserwowano w trakcie obu wykonanych analiz. Ponadto stwierdzono istotne różnice pomiędzy poszczególnymi dawkami aplikowanego środka. Działanie herbicydu w dawkach $0,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, $0,15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz $0,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ okazało się skuteczniejsze w odmianie Zyta.

Analizując średnie wartości dla odmian, niezależnie od zastosowanej dawki herbicydu, widać, że bardziej konkurencyjna względem chwastów była odmiana Zyta. Jak podaje Kraska (9) dobór odpowiedniej odmiany pszenicy ozimej może być czynnikiem umożliwiającym ograniczenie zachwaszczenia, a tym samym stosowania herbicydów, a zróżnicowanie konkurencyjności odmian pszenicy względem chwastów potwierdzają badania Feledyn-Szewczyk i Duer (4).

Plony ziarna w obiektach, w których aplikowano herbicyd Mocarz 75 WG w zależności od wysokości dawek oraz odmian pszenicy kształtowały się na poziomie $4,0$ – $4,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ w roku 2006 oraz $7,0$ – $7,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ w roku 2007 (tab. 4). Na podstawie danych zamieszczonych w tabeli 1 można stwierdzić, że bardzo duży wpływ na wysokość uzyskanych plonów ziarna pszenicy miały warunki termiczne oraz wilgotnościowe w okresie wegetacji, a w szczególności rozkład opadów.

W roku 2006 najwyższe plonowanie obu badanych odmian stwierdzono po zastosowaniu dawki herbicydu $0,15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Jednakże każda zastosowana dawka herbicydu Mocarz 75 WG wpłynęła istotnie na wzrost plonowania pszenicy ozimej odmiany Zyta i Kris.

W roku 2007 najwyższe plony ziarna pszenicy ozimej odnotowano po aplikacji najwyższej z dawek, tj. $0,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. W odmianie Zyta nie stwierdzono istotnych

różnic w plonowaniu pszenicy między dawkami $0,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $0,15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, natomiast w obiektach z odmianą Kris plonów nie różnicowały dawki $0,15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $0,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Identycznie jak w roku 2006 każda z zastosowanych dawek herbicydu wpłynęła na

Tabela 4

Efekt stosowania zróżnicowanych dawek herbicydu Mocarz 75 WG na plony
i wybrane parametry plonu pszenicy ozimej (lata 2006, 2007)
Effect of diversification of herbicide Mocarz 75 WG doses on the grain yields and selected yield
parameters of winter wheat (years 2006, 2007)

Obiekty Objects	2006			2007		
	plony ziarna grain yield ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	masa hektolitra hectolitre weight (kg)	masa 1000 ziaren weight of 1000 grains (g)	plony ziarna grain yield ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	masa hektolitra hectolitre weight (kg)	masa 1000 ziaren weight of 1000 grains (g)
Zyta						
Kontrola; Control	3,1	63,3	35,7	6,5	71,6	37,8
$0,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	4,1	64,8	38,4	7,5	72,6	41,6
$0,15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	4,2	65,5	38,3	7,4	72,7	40,4
$0,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	4,0	65,0	37,4	7,1	71,8	38,6
Kris						
Kontrola; Control	3,3	61,8	33,9	6,3	71,8	38,6
$0,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	4,0	64,1	35,8	7,5	72,7	39,1
$0,15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	4,4	62,9	37,3	7,1	71,5	40,0
$0,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	3,9	63,0	36,1	7,0	71,8	37,9
Średnio dla odmiany Zyta Average for Zyta variety	3,9	64,7	37,5	7,1	72,2	39,6
Średnio dla odmiany Kris Average for Kris variety	3,9	63,0	35,8	7,0	72,0	38,9
NIR; LSD ($\alpha=0,05$) dla: for: odmian; varieties	r.n.	0,56	0,61	0,08	r.n.	0,50
Średnio dla odmian; Average for varieties						
Kontrola; Control	3,2	62,6	34,8	6,4	71,7	38,2
$0,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	4,1	64,5	37,1	7,5	72,7	40,4
$0,15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	4,3	64,2	37,8	7,3	72,1	40,2
$0,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	4,0	64,0	36,8	7,1	71,8	38,3
NIR; LSD ($\alpha=0,05$) dla: for: dawki; doses	0,13	1,05	1,15	0,15	r.n.	0,94
interakcji; interaction						
odmiany x dawki varieties x doses	0,14	r.n.	r.n.	0,16	r.n.	0,99
dawki x odmiany doses x varieties	0,18	r.n.	r.n.	0,21	r.n.	0,99

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

wzrost plonów ziarna względem obiektu kontrolnego. Niezależnie od dawek herbicydu istotnie wyższe plony wykazano dla odmiany Zyta.

W roku 2006 nie stwierdzono wpływu interakcji badanych czynników na masę hektolitra ziarna. Niezależnie jednak od aplikowanych dawek herbicydu Mocarz 75 WG większą masą hektolitra charakteryzowało się ziarno pszenicy odmiany Zyta. Ponadto, średnio dla dawek herbicydu, wykazano, że istotnie najmniejszą gęstość w stanie zsypanym miało ziarno zebrane z obiektów kontrolnych.

W roku 2007 obserwowano jedynie tendencję do wzrostu masy hektolitra w efekcie stosowania herbicydu w dawkach $0,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, $0,15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $0,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz większą masę w obiektach z odmianą Zyta w porównaniu do obiektów z odmianą Kris.

Niezależnie od zastosowanych dawek herbicydu w latach 2006 i 2007 większą masą 1000 ziaren charakteryzowała się odmiana Zyta. W roku 2006 wszystkie dawki wpływały na istotny wzrost masy tysiąca ziarn w odniesieniu do kontroli, nie stwierdzono jednak istotnego wpływu interakcji badanych czynników doświadczalnych. Natomiast w roku 2007 MTZ zwiększały dawki $0,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $0,15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w odmianie Zyta oraz dawka $0,15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w odmianie Kris.

Przydatność obniżonych dawek herbicydów do zwalczania chwastów dwuliścienych bez istotnej redukcji plonów potwierdzili Auskalnis i Kadzys (1), Domaradzki (3), Krawczyk (10) oraz Talgre i in. (15). Kudsk (8) podaje, że wysoce wrażliwe gatunki chwastów mogą zostać zwalczone dawkami dwukrotnie–czterokrotnie niższymi w porównaniu do gatunków uznawanych za mniej wrażliwe.

WNIOSKI

1. Dawki substancji aktywnych tritosulfuron + dikamba $0,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, $0,15 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz $0,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w latach badań istotnie różnicowały zachwaszczenie łąnu pszenicy ozimej względem obiektów kontrolnych.

2. Wyniki w zakresie liczby oraz świeżej masy chwastów wykazały, że odmiana Zyta była bardziej konkurencyjna w stosunku do chwastów.

3. Każda z zastosowanych dawek substancji tritosulfuron + dikamba wpływała na istotny przyrost plonów ziarna pszenicy ozimej odmiany Zyta i Kris w porównaniu do obiektów kontrolnych.

4. Nie wykazano wpływu interakcji badanych czynników doświadczalnych na masę hektolitra ziarna. Odnotowano natomiast istotny wpływ ocenianych odmian oraz dawek herbicydu na masę 1000 ziaren pszenicy w roku 2007.

LITERATURA

1. Auskalnis A., Kadzys A.: Effect of timing and dosage in herbicide application on weed biomass in spring wheat. *Agron. Res.*, 2006, **4**: 133-136.
2. Christensen S.: Weed suppression ability of spring barley varieties. *Weed Res.*, 1995, **35**: 241-247.

3. Domaradzki K.: Efektywność regulacji zachwaszczenia zbóż w aspekcie ograniczania dawek herbicydów oraz wybranych czynników agroekologicznych. Monograf. Rozpr. Nauk., Puławy, 2006 **17**: 111 ss.
4. Feledyn-Szewczyk B., Duer I.: Konkurencyjność kilku odmian pszenicy ozimej uprawianej w ekologicznym systemie produkcji w stosunku do chwastów. Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 2005, **45**: 126-133.
5. Gooding M.J., Thompson A.J., Davies W.P.: Interception of photosynthetically active radiation, competitive ability and yield of organically grown wheat varieties. Asp. Appl. Biol., 1993, **34**: 355-362.
6. Grundy A.C., Froud-Williams R.J.: The control of weeds in cereals using integrated approach. Asp. Appl. Biol., 1997, **50**: 367-374.
7. Kim D.S., Brain P., Caseley J.C., Marshal E.J.P.: Effects of sub-lethal doses of metsulfuron-methyl on crop-weed competition in two varieties of winter wheat. Brighton Crop Protection Conference – Weeds, 1997, **3**: 669-670.
8. Kudsk P.: Optimising herbicide performance. W: Weed management handbook (ed. REL Naylor), 9th edn. Blackwell Publishing, Oxford, UK, 2002, 323-344.
9. Kraska P.: Wpływ zróżnicowanych dawek herbicydów na zachwaszczenie pszenicy ozimej. Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 2006, **46**: 256-260.
10. Krawczyk R.: Aspekty stosowania obniżonych dawek herbicydów w zbożach jarych. Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 2006, **46(1)**: 223-231.
11. Lista opisowa odmian. Centralny Ośrodek Badania Roślin Uprawnych, Słupia Wielka, 2000.
12. Mitchell B.J.: Reduced herbicide inputs in cereals. Report, Crop Research Centre, Oak Park, Carlow. 1998, (www.teagasc.ie/research/reports/crops/4136/eopr-4136.htm).
13. Mortensen D.A., Bastiaans L., Sattin M.: Improving crop competitive ability using allelopathy – an example from rice. Plant Breed., 2000, **121**: 1-9.
14. Salonen J.: Yield response of spring cereals to reduced herbicide doses. Weed Res. 1992, **32**: 493-499.
15. Talgre L., Lauringson E., Koppel M.: Effect of reduced herbicide dosages on weed infestation in spring barley. Zemdirbyste - Agriculture, 2008, **95(3)**: 194-201.

WINTER WHEAT RESPONSE TO REDUCED DOSES OF TRITOSULFURON + DICAMBA

Summary

The main goal of the experiments, carried out in the years 2006–2007, was the evaluation of the reaction of two winter wheat cultivars to the application of reduced doses of substances tritosulfuron + dicamba. The research was conducted at the Institute of Plant Protection in Poznań and included strict field experiments with two different wheat varieties Zyta and Kris, differing in terms of plant height. Selection of the varieties was dictated by an attempt to determine their ability to compete with weed community. During vegetation two analyses of weed infestation were conducted (3–4 and 5–6 weeks after herbicide application), where weeds composition, weeds number and weeds fresh biomass were described. Grain yield and grain parameters (weight of 1000 grains and mass per hectoliter of grain) were determined after winter wheat harvest. Data indicated that Zyta variety was more competitive in terms of weed infestation in comparison with Kris variety. Data also confirmed usefulness of reduced herbicide doses in weed control, without yield reduction.

Praca wpłynęła do Redakcji 27 X 2009 r.

Improving crop competitive ability using allelopathy — an example from rice

M. Olofsdotter, L. B. Jensen, B. Courtois

Plant Breeding

Volume 121, Issue 1, pages 1–9, February 2002

JOANNA KAWA-RYGIELSKA

Zakład Technologii Fermentacji, Katedra Technologii Rolnej i Przechowywania
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

WPŁYW SKAŻENIA ZIARNA KUKURYDZY MIKOTOKSYNAMI NA EFEKTYWNOŚĆ FERMENTACJI ETANOLOWEJ

The influence of corn grain contamination with micotoxins
on the effectiveness of ethanol fermentation

ABSTRAKT: Ziarno porażone grzybami pleśniowymi oraz skażone mikotoksynami nie może być wykorzystywane do przerobu w przemyśle spożywczym. Jedną z możliwości jego zagospodarowania jest produkcja bioetanolu.

Celem pracy była ocena zawartości mikotoksyn w ziarnie kukurydzy o obniżonej wartości technologicznej oraz ocena wpływu mikotoksyn na wydajność produkcji etanolu. Materiał badawczy stanowiły cztery próby kukurydzy Z1, Z2, Z3, Z4 o widocznych objawach zewnętrznego porażenia ziarna. Zawartość trichotecenu typu A i B oraz zearalenonu w badanym materiale wykonano za pomocą wysokosprawnej chromatografii cieczowej HPLC z użyciem detektora masowego MS/MS. W wyniku przeprowadzonych analiz w surowcach gorzelniczych stwierdzono obecność 6 z 12 analizowanych mikotoksyn. Były to mikotoksyny: NIV, DON, 3-AcDON, 15-AcDON, T-2-tetraol, ZON. Dominującą mikotoksyną, występującą w największych ilościach był DON. Zawartość tej mikotoksyny w badanych produktach mieściła się w przedziale od 515 µg/kg do 1847 µg/kg surowca. Obserwowano wpływ stężenia mikotoksyn w surowcach przeznaczonych do fermentacji na przebieg i efekty końcowe procesu.

słowa kluczowe – key words:

kukurydza – *maize*, mikotoksyny – *micotoxin*, bioetanol – *bioethanol*

WSTĘP

W związku z rozwojem rynku biopaliw płynnych istotną rolę odgrywa możliwość zastosowania surowców o obniżonej wartości technologicznej, nieprzydatnych do celów konsumpcyjnych, przetwórczych czy paszowych, do produkcji etanolu. Nie bez znaczenia pozostaje fakt, że jako surowiec gorzelniczy wykorzystywane może być ziarno porażone chorobami, popękane, niedojrzałe, które mimo to posiada wysoką wartość gorzelniczą. Stosowanie takich surowców z jednej strony pozwala na zmniejszenie kosztów produkcji etanolu, ponieważ odpady produkcji rolnej czy przemysłowej odbierane są przez gorzelnie po obniżonej cenie, z drugiej eliminuje je z bezpośredniego obrotu handlowego, co ma wymierny aspekt nie tylko ekonomiczny, ale także ekologiczny (5, 6).

Stosowanie ziarna gorszej jakości, nieprzydatnego do celów konsumpcyjnych i paszowych w gorzelni wiąże się z wieloma trudnościami. Przede wszystkim występuje ryzyko skażenia tego surowca między innymi mikotoksynami, a także problemy związane z obecnością mikroflory bakteryjnej pochodzącej z ziarna (11). Ponadto surowce odpadowe nie spełniają standardów i wymagań jakościowych warunkujących powtarzalność procesu technologicznego. Czynniki te mogą negatywnie wpływać na przebieg procesu technologicznego, wydajność oraz jakość produktów finalnych (2, 3, 15).

W tym kontekście powstaje pytanie – czy surowiec o obniżonej wartości może okazać się przydatny, zarówno z ekologicznego, jak i ekonomicznego punktu widzenia, do produkcji etanolu?

Celem pracy była ocena zawartości mikotoksyn w ziarnie kukurydzy o obniżonej wartości technologicznej oraz ocena wpływu mikotoksyn na wydajność produkcji etanolu.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem badawczym w pracy były próby ziarna kukurydzy o obniżonej wartości technologicznej, wykazujące zewnętrzne objawy porażenia grzybami pleśniowymi, oznaczone w pracy symbolami Z1, Z2, Z3, Z4, oraz ziarno kukurydzy ZK dobrej jakości, stanowiące próbę kontrolną.

W badanym materiale oznaczono: zawartość suchej substancji (za pomocą wago-suszarki), skrobi (metodą Eversa Grossfelda) oraz zawartość trichotecen typu A i B oraz zearalenonu. Wszystkie analizy wykonano w trzech powtórzeniach, a przedstawione w pracy wyniki stanowią wartość średnią.

Oznaczenie mikotoksyn wykonano w pracowni chromatograficznej Katedry Technologii Rolnej i Przechowywalnictwa UP we Wrocławiu przy użyciu zestawu HPLC/MS/MS firmy Varian zgodnie z metodyką podaną przez Klotzel i in. (7, 8). Oznaczono następujące mikotoksyny NIV, DON, FUS-X, 3-AcDON, 15-AcDON, DAS, HT -2, T-2, T-2 TRIOL, T-2 TETRAOL, NEO, ZON. Wzorce mikotoksyn pochodzące z firmy Biopure (Tulln) Austria wykorzystano do przygotowania roztworów kalibracyjnych. Oznaczenia mikotoksyn wykonano w 25-gramowych próbach, poddanych rozdrobnieniu i homogenizacji. Ekstrakcję mikotoksyn z badanego materiału przeprowadzono przy użyciu mieszaniny acetonitryl – woda. Do badań wykorzystano kolumnienki Bond Elut Mycotoxin firmy Varian (USA). Chromatograficzny rozdział trichothecenów typu A i B oraz zearalenonu przeprowadzono na kolumnie Synergi Fusion RP 80A, wyposażonej w przedkolumnę Fusion – RP. Zawartość mikotoksyn w badanym materiale podano w $\mu\text{g/kg}$ surowca.

Wybrane próby kukurydzy: ZK (kontrola), Z4 i Z1, charakteryzujące się zróżnicowanym składem ilościowym i jakościowym mikotoksyn, oceniono pod względem przydatności do produkcji bioetanolu.

Testy fermentacyjne prowadzono metodą fermentacji okresowej w zacierach skrobiowych. Zaciery kukurydziane o stężeniu surowca 20% przygotowano metodą BUS w zaciernicy laboratoryjnej typ ZL1. Skrobię skleikowano, a następnie poddano upłynnieniu i scukrzeniu za pomocą handlowych preparatów enzymatycznych Termamyl 120L, San Ultra L, stosując dawki zgodne z zaleceniami producenta (4). Proces fermentacji prowadzono w temperaturze 30°C przy użyciu drożdży gorzelnicznych *Saccharomyces cerevisiae* Etanol Red i *Sacchromyces cerevisiae* D2. Inokulum drożdży przygotowano poprzez namnażanie na podłożu YM.

W trakcie fermentacji co 24 h oznaczano zawartość etanolu (g/l) metodą chromatograficzną HPLC.

W oparciu o uzyskane wyniki obliczono wydajność etanolu ze skrobi (g etanolu/100 g skrobi).

WYNIKI

Materiał badawczy stanowiły próby ziarna kukurydzy o widocznych śladach porażenia grzybami pleśniowymi. Próby zostały oznaczone symbolami: Z1, Z2, Z3, Z4. Materiał ten cechował stęchły zapach oraz niskie wyrównanie. Kukurydza nie spełniała norm jakościowych zawartych w Rozporządzeniu Komisji (WE) NR 687/2008 z dnia 18 lipca 2008 r. Dyskwalifikowały ją, jako surowiec skupowany przez agencje płatnicze lub agencje interwencyjne na terenie Unii Europejskiej, zbyt duża wilgotność materiału (powyżej 14%), udział zanieczyszczeń i połamanych ziaren (ponad 15% próby). Wyniki analizy jakościowej i ilościowej badanych mikotoksyn fuzaryjnych w tych produktach zostały przedstawione w tabeli 1.

Wszystkie poddane ocenie próby ziarna kukurydzy zawierały toksyny. Występowały one w stężeniu od 1000 (próba Z4) do prawie 2400 (próba Z1) µg/kg surowca. W surowcach potwierdzono występowanie 6 z 12 oznaczanych mikotoksyn. We wszystkich materiałach stwierdzono obecność deoksyniwalenonu (od 515 do 1847 µg/kg surowca), 15-acetodeoksynivalenolu (od 16 do 199 µg/kg surowca) i zearalenonu (od 49 do 457 µg/kg surowca). W 75% prób stwierdzono również obecność: T2-tetraolu (od 208 do 313 µg/kg surowca), nivalenolu (od 17 do 93 µg/kg surowca), 3-acetodeoksynivalenolu (od 9 do 24 µg/kg surowca). Deoksynivalenol dominował we wszystkich próbach (średnia jego zawartość wynosiła 921 µg/kg surowca). Stanowił on ponad 50% wszystkich oznaczonych mikotoksyn. Zauważalny był także znaczny udział zearalenonu w wybranych materiałach (średnia zawartość 188 µg/kg surowca), oraz T2-tetraolu w próbach Z2, Z3, Z4 (średnia zawartość 261 µg/kg surowca).

Wybrane surowce poddano fermentacji etanolowej z udziałem dwóch szczepów drożdży gorzelnicznych. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 2.

Jakość surowca gorzelnicznego, zawartość mikotoksyn oraz ich skład ilościowy w surowcu wpłynął na przebieg i efekty końcowe fermentacji etanolowej. Wydaj-

Tabela 1

Toksyny fuzaryjne w próbach kukurydzy ($\mu\text{g/kg}$)
Fusarium toxins in maize samples ($\mu\text{g/kg}$)

Lp. No.	Toksyna Toxin	Próby kukurydzy Maize samples			
		Z1	Z2	Z3	Z4
1	T2- tetraol	-	313	208	263
2	NIV	45	93	-	17
3	DON	1847	757	565	515
4	FUS	-	-	-	-
5	NEO	-	-	-	-
6	15-AcDON	16	125	199	149
7	3-AcDON	9	-	24	23
8	T2-triol	-	-	-	-
9	DAS	-	-	-	-
10	HT-2	-	-	-	-
11	T2-toxin	-	-	-	-
12	ZON	457	144	104	49

Tabela 2

Wydajność fermentacji etanolowej zacierów kukurydzianych
Yield of ethanol fermentation of maize mashes

Zaciera kukurydziane Maize mashes	Szczep drożdży Yeast strain	Etanol (g/100 g skrobi) Ethanol (g/100 g starch)		
		24 h	48 h	72 h
ZK	ER	34,26	54,21	-
	Sc	32,10	52,22	-
Z4	ER	29,11	40,50	51,40
	Sc	28,13	41,02	49,64
Z1	ER	27,12	39,20	46,11
	Sc	27,00	37,67	47,82

ER – *Saccharomyces cerevisiae* Etanol Red, Sc – *Saccharomyces cerevisiae* D2

ZK – próba kontrolna (kukurydza dobrej jakości); control (good quality maize)

ność etanolu kształtowała się na poziomie od 54 do 46 (g etanolu/100 g skrobi) i była uzależniona głównie od jakości surowca, ale także od zastosowanego szczepu drożdży gorzelnicznych. Fakt ten świadczy o różnej wrażliwości materiału biologicznego na skład środowiska fermentacyjnego i konieczności selekcji właściwego szczepu drożdży do fermentacji surowców o obniżonej wartości technologicznej. W próbach

niezawierających mikotoksyn proces fermentacji zakończył się po 48 godzinach. W próbach przygotowanych z kukurydzy Z1, o najwyższej koncentracji mikotoksyn, oraz Z4 – o wysokiej koncentracji T2 tetraolu, po 48 godzinach fermentacji wydzielilo się około 80% całkowitej ilości wytworzonego etanolu. Czas fermentacji prób zawierających mikotoksyny był dłuższy niż próby kontrolnej i wynosił 72 godziny.

DYSKUSJA

Założeniem nowoczesnego gorzelnictwa przemysłowego jest intensyfikacja produkcji przy jednoczesnej minimalizacji kosztów. Jednym z najwyższych kosztów przy produkcji etanolu jest cena surowca (65–80% całkowitych kosztów), dlatego gorzelnicy produkujący bioetanol skupiają się głównie na bioetanolu drugiej generacji, czyli produkowanym z surowców odpadowych przemysłu spożywczego, w tym również z kukurydzy odpadowej (9, 10, 12–14).

Jak wynika z przeprowadzonych badań, kukurydza o obniżonej wartości technologicznej, charakteryzująca się widocznym powierzchniowym nalotem grzybów pleśniowych zawierała mikotoksyny z grupy trichotecen typu A i B oraz zearalenon. Trichoteceny to metabolity produkowane przede wszystkim przez *Fusarium graminearum* i *Fusarium culmorum* (1, 17). Spośród wszystkich zidentyfikowanych dotąd trichotecen najlepiej poznanymi, a zarazem najbardziej szkodliwymi dla zdrowia mikotoksynami okazały się: niwalenol, deoksyniwalenol (zwany również toksyną wymiotną), toksyny T-2, dwuacetoxy-scirpenol i neosolaniol (2, 16). W badaniach własnych mikotoksyną dominującą w badanym materiale okazał się deoksyniwalenol. Jego koncentracja była szczególnie wysoka w próbie Z1. W próbie tej stwierdzono także wysokie zawartości zearalenonu. W dostępnej literaturze często opisywano współwystępowanie trichotecen i zearalenonu, ponieważ mikotoksyny te wytwarzane są przez te same grupy pleśni. Normy zawartości tych mikotoksyn w badanej kukurydzy oznaczonej symbolem Z1 były przekroczone kilkakrotnie.

Ziarno porażone grzybami pleśniowymi oraz skażone mikotoksynami nie może być wykorzystywane do przerobu w przemyśle spożywczym. Wykorzystanie takiego materiału w celach paszowych jest także mocno ograniczone. Jedną z możliwości jego zagospodarowania jest wykorzystanie go jako surowca gorzelniczego do produkcji bioetanolu.

Głównym kryterium przydatności surowca do fermentacji etanolowej jest wydajność procesu, czyli ilość etanolu uzyskana z jednostki surowca czy zawartej w nim skrobi, oraz dynamika fermentacji charakteryzująca przebieg procesu w czasie.

Zawartość mikotoksyn w surowcach miała znaczący wpływ na parametry fermentacji etanolowej i ostateczny uzysk etanolu, ponieważ drożdże fermentujące skażony materiał były poddane dodatkowemu stresowi wynikającemu z obecności toksyn w środowisku fermentacyjnym. Negatywne oddziaływanie niektórych miko-

toksyn, jak T2 czy DAS, zostało stwierdzone w nielicznych dotąd badaniach naukowych prowadzonych w tym kierunku (3, 15, 16, 18).

Surowce o obniżonej wartości technologicznej mogą stanowić bazę surowcową do produkcji etanolu, przy czym należy uwzględnić wpływ jakości surowca na przebieg i parametry wydajności procesu.

WNIOSKI

1. W próbach kukurydzy o obniżonej wartości technologicznej stwierdzono obecność 6 mikotoksyn w stężeniu od 1000 (próba Z4) do prawie 2400 (próba Z1) µg na kg surowca.

2. Mikotoksyną dominującą we wszystkich próbach był deoksynivalenol (średnia jego zawartość wynosiła 921 µg na kg surowca).

3. Jakość surowców oraz zawartość mikotoksyn wpłynęła na przebieg i efekty końcowe fermentacji etanolowej, uzależnionej również od zastosowanego szczepu drożdży gorzelniczych.

4. Wzrost stężenia mikotoksyn powodował wydłużenie czasu fermentacji z 48 do 72 godzin oraz obniżenie wydajności etanolu. Najniższą wydajność etanolu uzyskano dla zacierów przygotowanych z surowca Z1.

LITERATURA

1. Cervero M.C., Castillo M.A., Montes R., Hernandez E.: Determination of trichothecenes, zearalenone and zearalenols in commercially available corn – based foods in Spain. *Rev. Iberoam. Micol.*, 2007, **24**: 52-55.
2. De Seager S., Sibanda L., Van Peteghem C.: Analysis of zearalenone and zearalenol in animal feed using high-performance liquid chromatography, *Anal. Chem. Acta*, 2003, **487**: 137-143.
3. Foszczyńska B., Dziuba E., Kawa-Rygielska J., Chmielewska J., Wojtatowicz M.: Characteristics of selected features of brewing yeasts in environments containing T-2 toxin. *EJPAU. Biotechnology*, 2006, 9, issue 1, art. 07.
4. Kapela T., Solarek L.: Enzymy Novozymes dla gorzelnictwa – nowoczesne preparaty scukrzające z grupy SAN® oraz enzymy pomocnicze. *Przem. Ferm. Owoc.-Warz.*, 2004, **5**: 26-28.
5. Kawa-Rygielska J., Dziuba E.: Kukurydza do produkcji bioetanolu. *Chemia przemysłowa. BMP*, 2006, 20-22.
6. Kawa-Rygielska J.: Bioetanol z kukurydzy – czy warto produkować? *Przem. Ferm. Owoc.-Warz.*, 2007, **5**: 38-39.
7. Klotzel M., Lauber U., Humpf H.: A new solid phase extraction clean-up method for the determination of 12 type A and B trichothecenes in cereals and cereal – based food by LC – MS/MS. *Mol. Nutr. Food Res.*, 2006, **50**: 261-269.
8. Klotzel M., Gutsche B., Lauber U., Humpf H.: Determination of 12 type A and B trichothecenes in cereals by liquid chromatography – electrospray ionization tandem mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.*, 2005, 53(23): 8904-8910.
9. Krishnan M.S., Taylor F., Davison B.H., Nghiem N.P.: Economic analysis of fuel ethanol production from corn starch using fluidized-bed bioreactors. *Biores. Technol.*, 2000, **75**: 99-105.

10. Kupeczyk A., Ekielski A.: Bioetanol - szansą dla polskiego rolnictwa. *Wiś Jutra.*, 2002, **5(46)**: 13-15.
11. Mateo J.J., Mateo R., Jimenez M.: Accumulation of type A Trichothecenes in maize, wheat and rice by *Fusarium sporotrichioides* isolates under diverse culture conditions, *Internation. J. Food Microbiol.*, 2002, **72**: 115-123.
12. Ohgren K., Bura R., Lesnicki G., Saddler J., Zacchi G.: A comparison between simultaneous saccharification and fermentation and separate hydrolysis and fermentation using steam-pretreated corn stover. *Process Biochem.*, 2007, **42**: 834-839
13. Ohgren K., Rudolf A., Galbe M., Zacchi G.: Fuel ethanol production from steam-pretreated corn stover using SSF at higher dry matter content. *Biomass Bioenergy*, 2006, **30**: 863-869.
14. Prasad S., Singh A., Joshi H.C.: Ethanol as an alternative fuel from agricultural, industrial and urban residues. *Resour. Conserv. Recycl.*, 2007, **1(50)**: 1-39.
15. Reinehr Ch.O., Furlong E.B.: Profile of the Alcohols Produced in Fermentations with Malt Contaminated with Trichothecenes. Brazil, *Archiv. Biol. Technol.*, 2003, **46(4)**: 587-593.
16. Shephard Gordon S.: Committee on Natura Toxins and Food Allergens. *J. AOAC Internation.*, 2007, **90(1)**: 1-17.
17. Stolarska A., Janda K.: Zagrożenia dla zbóż – grzyby strzępkowe. *Przem. Spoż.*, 2004, **11**: 56-57.
18. Zollner P., Berner D., Jodlbauer J., Lindtner W.: Determination of zearalenone and its metabolites alpha- and beta- zearalenol in bear sample by high-performance liquid chromatography – tandem mass spectrometry. *J. Chromatogr., B*, 2000, 233-241.

THE INFLUENCE OF CORN GRAIN CONTAMINATION WITH MICOTOXINS ON THE EFFECTIVENESS OF ETHANOL FERMENTATION

Summary

The grain stroked with mould fungus and contaminated with micotoxins can not be used in processing in food industry. One of the possibilities of its utilization is bioethanol production.

The aim of the work was the estimation of *Fusarium* micotoxin content in corn of lower technological value and the estimation of micotoxin influence on the yield of ethanol. The material for investigation included 4 samples of maize grain of different quality: Z1, Z2, Z3, Z4. with visible symptoms of contamination. Contents of trichothecene of the A-type as well as of the B-type and Zearalenone were determined by high performance liquid chromatography (HPLC) with MS/MS. The analyzed corn flour samples were positive for 6 of the 12 analyzed toxins. These were: NIV, DON, 3-AcDON, 15-AcDON, T-2-tetraol, and ZON. The predominant toxin for all the products was DON. The amount of this micotoxin in the investigated material ranged from 1515 µg/kg to 1847 µg/kg of raw material. It was observed that the micotoxin concentration in the material used for fermentation had an impact on the results of ethanol fermentation. The lowest practical ethanol yield was observed for fermentation of the substrate prepared from maize grain Z1.

Praca wpłynęła do Redakcji 27 X 2009 r.

¹ANNA KOCON¹, ²ALICJA SUŁEK

¹Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia, ²Zakład Uprawy Roślin Zbożowych
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

WPLYW WILGOTNOŚCI PODŁOŻA ORAZ NAWOŻENIA AZOTEM NA WIELKOŚĆ PLONU I WYBRANE PARAMETRY JAKOŚCIOWE ZIARNA PSZENICY JAREJ

The effect of soil moisture and nitrogen fertilization on yield and some grain quality parameters
of spring wheat

ABSTRAKT: Badania nad wpływem zróżnicowanej wilgotności gleby i nawożenia azotem na wielkość plonu oraz wybrane parametry jakościowe ziarna prowadzono z 3 wybranymi odmianami pszenicy jarej: Napola, Jasna i Kosma w hali wegetacyjnej IUNG-PIB w Puławach w latach 2002, 2003 i 2005. Doświadczenia prowadzono w wazonach Mitscherlicha wypełnionych 6,5 kg gleby (o składzie piasku słabo gliniastego), w zróżnicowanych warunkach uwilgotnienia podłoża: 40 i 60% połowej pojemności wodnej, oraz zróżnicowanego nawożenia azotem w dawkach: 1,2 i 2,4 g N na wazon. Rośliny zbierano w fazie dojrzałości żniwnej.

W warunkach niedoboru wody w glebie testowane odmiany pszenicy jarej, niezależnie od nawożenia azotem, uzyskiwały średnio o około 23% mniejsze plony, a ich ziarno osiągało lepsze parametry technologiczne. Badane odmiany dodatnio reagowały na wyższą dawkę azotu w ilości 2,4 g N na wazon wydając zawsze większy plon ziarna o większej zawartości białka i glutenu mokrego w ziarnie w porównaniu z pszenicą pochodzącą z obiektów nawożonych o połowę mniejszą dawką azotu. Najlepiej spośród testowanych odmian w warunkach prowadzenia doświadczenia niezależnie od nawożenia azotem i wilgotności podłoża plonowała odmiana Kosma, a najlepsze parametry technologiczne ziarna uzyskiwała na ogół odmiana Napola.

słowa kluczowe – key words:

pszenica jara – *spring wheat*, wilgotność gleby – *soil moisture*, nawożenie azotem – *nitrogen fertilization*, plon ziarna – *grain yield*

WSTĘP

Głównym kierunkiem użytkowania pszenicy jarej są cele konsumpcyjne, w tym przede wszystkim przerób ziarna na mąkę do produkcji pieczywa. Pszenica przeznaczona na ten cel musi spełniać podstawowe parametry jakościowe surowca (2, 6, 11, 17, 18). Wielkość plonu i wartość technologiczna ziarna pszenicy zależy przede wszystkim od cech genetycznych odmiany, a także od czynników środowiskowych

i agrotechnicznych, w tym od nawożenia azotem i wilgotności gleby (1, 2, 8, 11, 13, 18-20). Okresowe susze i niedobory azotu to główne czynniki obniżające poziom plonowania pszenic w Polsce i w znacznym stopniu modyfikujące cechy jakościowe ziarna (2, 8, 11, 12, 18). Zatem odmiany, które będą lepiej wykorzystywały azot w produkcji ziarna w warunkach niedoboru wody w podłożu, powinny być preferowane.

Celem podjętych badań była ocena efektywności wykorzystania wody i azotu w produkcji ziarna wybranych konsumpcyjnych odmian pszenicy jarej rosnącej w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem i wilgotności gleby.

METODYKA

Doświadczenia wazonowe z pszenicą jarą prowadzono w hali wegetacyjnej IUNG-PIB w Puławach, w układzie 3-czynnikowym, kompletnie zrandomizowanym, w latach 2002–2003 i 2005. Pierwszym czynnikiem doświadczenia były 3 odmiany pszenicy jarej: Napola, Jasna i Kosma, drugim 2 poziomy wilgotności: 40 i 60% polowej pojemności wodnej, a trzecim 2 dawki azotu: 1,2 i 2,4 g N na wazon. Pszenica rosła w wazonach Mitscherlicha wypełnionych 6,5 kg gleby (piasek słabo gliniasty), docelowo po 10 roślin w wazonie.

Azot podawano roślinom w formie saletry amonowej do gleby, w 2 dawkach przy niższym nawożeniu N 1/2 dawki po wschodach oraz 1/2 dawki w fazie krzewienia i w 4 dawkach przy wyższym poziomie nawożenia (po 0,6 g N na wazon) w następujących fazach rozwojowych roślin: po wschodach, w fazie krzewienia, w początku strzelania w źdźbło oraz w fazie kłoszenia. Pozostałe składniki pożywki mineralnej rośliny otrzymały do gleby przedsięwnie, przy zakładaniu doświadczenia, w jednakowych ilościach zapewniających prawidłowy wzrost i rozwój roślin. Poziom wilgotności podłoża; 40 (obiekty W_1) i 60% ppw (obiekty W_2) zróżnicowano w fazie strzelania w źdźbło pszenicy i utrzymywano do końca wegetacji roślin.

Pszenicę zbierano w fazie dojrzałości zniwnej. Oznaczano plon ziarna oraz wybrane cechy plonu, a w zmielonych średnich próbkach obiektowych ziarna procentową zawartość azotu ogólnego, plon białka (% N x 5,7), zawartość glutenu mokrego aparatem Glutomatic 2200 oraz inne wybrane parametry jakościowe ziarna. Wyniki opracowano statystycznie z wykorzystaniem analizy wariancji oceniając istotność różnic testem Tukeya na poziomie $\alpha = 0,05$. Dane przedstawione w tabelach stanowią średnie arytmetyczne z 3 lat badań.

WYNIKI

Zastosowana w badaniach zróżnicowana wilgotność podłoża, jak i zróżnicowane nawożenie azotem w sposób istotny modyfikowały wielkość plonu (tab. 1) oraz parametry jakościowe ziarna badanych odmian pszenicy jarej (tab. 2). W warunkach

Tabela 1

Plon oraz wybrane cechy plonu ziarna odmian pszenicy jarej w zależności od poziomu wilgotności gleby i nawożenia azotem

Grain yield and selected grain yield traits of spring wheat cultivars depending on level of soil moisture and level of nitrogen fertilization

Parametr Parameter	Odmiana Cultivar [A]	Poziom wilgotności gleby; Level of soil moisture [B]						Średnia Mean
		W ₁			W ₂			
		poziom nawożenia N; level of N fertilization [C]						
		N ₁	N ₂	średnia mean	N ₁	N ₂	średnia mean	
Plon ziarna (g/wazon) Grain yield (g per pot)	Napola	32,8	40,7	36,7	44,3	53,7	49,0	42,9
	Jasna	37,4	43,8	40,6	46,0	57,8	51,9	46,3
	Kosma	36,5	45,4	40,9	46,1	60,4	53,2	47,1
	średnia; mean	35,6	43,3	39,4	45,5	57,3	51,4	45,4
	średnia dla; mean for: N ₁ = 40,5; N ₂ = 50,3							
NIR; LSD (α = 0,05) dla: for:								
A = 1,10; B = 0,75; C = 1,10; A/B = 1,30; A/C = 1,91; B/C = 1,30								
Masa 1000 ziaren Mass of 1000 grains (g)	Napola	38,9	40,1	39,5	38,6	38,7	38,6	39,1
	Jasna	39,2	41,6	40,4	36,6	41,4	39,0	39,7
	Kosma	36,7	37,8	37,2	35,4	36,1	35,7	36,5
	średnia; mean	38,3	39,8	39,0	36,9	38,7	37,8	38,4
	średnia dla; mean for: N ₁ = 37,6; N ₂ = 39,2							
NIR; LSD (α = 0,05) dla: for:								
A = 1,04; B = 0,71; C = 1,04; A/B = r.n.; A/C = r.n.; B/C = r.n.								
Liczba ziaren na wazon Grain number per pot	Napola	838	1027	932	1160	1320	1240	1086
	Jasna	991	1076	1033	1271	1406	1338	1186
	Kosma	1003	1241	1122	1319	1698	1508	1315
	średnia; mean	944	1114	1029	1250	1474	1362	1195
	średnia dla; mean for: N ₁ = 1097; N ₂ = 1294							
NIR; LSD (α = 0,05) dla: for:								
A = 42,3; B = 28,7; C = 42,3; A/B = 49,7; A/C = r.n.; B/C = 49,7								

W₁ – 40% polowej pojemności wodnej; 40% field water capacity

W₂ – 60% polowej pojemności wodnej; 60% field water capacity

N₁ – 1,2 g N/wazon; 1,2 g N per pot

N₂ – 2,4 g N/wazon; 2,4 g N per pot

r.n. – różnice nieistotne; not significant differences

zmniejszonej wilgotności podłoża – niedoboru wody w glebie (obiekty W₁), plon ziarna analizowanych odmian pszenicy jarej ulegał istotnej redukcji i był średnio o około 23% mniejszy w stosunku do roślin w obiektach o optymalnym nawodnieniu (W₂); (tab. 1). Testowane odmiany: Napola, Jasna i Kosma mimo podobnej reakcji na zastosowany w badaniach poziom wilgotności gleby różniły się poziomem plonowania, odmiana Kosma plonowała najlepiej, Jasna nieco gorzej, a odmiana Napola istotnie najslabiej. Obniżenie wilgotności gleby w wazonach od fazy strzelania

Tabela 2

Parametry jakościowe ziarna odmian pszenicy jarej w zależności od poziomu wilgotności gleby i nawożenia azotem

Grain quality parameters of spring wheat cultivars depending on level of soil moisture and level of nitrogen fertilization

Parametr Parameter	Odmiana Cultivar [A]	Poziom wilgotności gleby; Level of soil moisture [B]						Średnia Mean
		W ₁			W ₂			
		Poziom nawożenia N; Level of N fertilization [C]						
		N ₁	N ₂	średnia mean	N ₁	N ₂	średnia mean	
Zawartość białka Protein content (%)	Napola	15,2	17,7	16,4	12,8	17,0	14,9	15,7
	Jasna	13,4	15,9	14,6	12,2	15,6	13,9	14,3
	Kosma	13,5	16,7	15,1	11,9	15,7	13,8	14,5
	średnia; mean	14,0	16,8	15,4	12,3	16,1	14,2	14,8
	średnia dla; mean for: N ₁ = 13,1; N ₂ = 16,4							
NIR; LSD (α = 0,05)								
A = 1,15; B = 1,78; C = 1,23								
Zawartość glutenu mokrego Wet gluten content (%)	Napola	32	43	37,5	23	37	30,0	33,8
	Jasna	30	40	35,0	24	37	30,5	32,8
	Kosma	30	41	35,5	24	36	30,0	32,8
	średnia; mean	30,7	41,3	36,0	23,7	36,7	30,2	33,1
	średnia dla; mean for: N ₁ = 27,2; N ₂ = 39,0							
NIR; LSD (α = 0,05) dla: for:								
A = r.n.; B = 1,56; C = 1,42								
Indeks glutenu Gluten index	Napola	90	86	88,0	93	85	89,0	88,5
	Jasna	89	72	83,0	83	69	76,0	78,3
	Kosma	71	65	80,0	80	67	73,5	70,8
	średnia; mean	83,3	74,3	83,7	85,3	73,7	79,5	79,2
	średnia dla; mean for: N ₁ = 84,3; N ₂ = 74,0							
NIR; LSD (α = 0,05) dla: for:								
A = 1,62; B = r.n.; C = 2,03								
Liczba opadania Falling number (s)	Napola	481	486	483,5	413	445	429,0	456,3
	Jasna	460	448	454,0	431	428	429,5	441,8
	Kosma	462	511	486,5	434	487	460,5	469,3
	średnia; mean	467,7	481,7	474,7	426,0	453,3	439,7	455,8
	średnia dla; mean for: N ₁ = 446,8; N ₂ = 467,5							
NIR; LSD (α = 0,05) dla: for:								
A = r.n.; B = 23,1; C = r.n.								
Wskaźnik sedymentacji Sedimenta- tion ratio (ml)	Napola	75	82	78,5	70	90	80,0	79,3
	Jasna	66	82	74,0	58	67	62,5	68,3
	Kosma	63	81	72,0	50	61	55,5	63,8
	średnia; mean	68,0	81,7	74,8	59,3	72,7	66,0	70,4
	średnia dla; mean for: N ₁ = 63,6; N ₂ = 77,2							
NIR; LSD (α=0.05) dla: for:								
A = 5,08; B = 6,05; C = 4,02; A/B = 8,07; A/C = r.n.								

W1, W2, N1, N2 – patrz tab. 1; see Table 1

r.n. – różnice nieistotne; not significant differences

w źdźbło pszenicy do końca wegetacji roślin skutkowało istotną redukcją liczby ziarn z rośliny i z wazonu oraz wytworzeniem dorodniejszego ziarna o nieco większej masie tysiąca ziaren w stosunku do roślin rosnących w optymalnych warunkach uwilgotnienia podłoża (tab. 2). Najdorodniejsze ziarno w warunkach niedoboru wody w glebie wydała pszenica odmiany Jasna, następnie Napola, a ziarno odmiany Kosma było najmniej dorodne, o najmniejszej MTZ, chociaż odmiana Kosma plonowała na ogół we wszystkich wariantach doświadczenia najlepiej. Wzrost plonu ziarna u tej odmiany związany był w większym stopniu z wykształceniem większej liczby ziaren z rośliny i wazonu niż ze wzrostem masy tysiąca ziaren (tab. 1).

Testowane odmiany w obiektach z wyższym nawożeniem azotem, 2,4 g N na wazon, plonowały istotnie wyżej, średnio dla odmian o około 20% w porównaniu z pszenicą rosnącą w obiektach o niższym nawożeniu N, tj. 1,2 g N na wazon (tab. 1), wykształcały również dorodniejsze ziarno, o większej MTZ. W warunkach zwiększonego nawożenia azotem najlepiej plonowała odmiana Kosma, następnie Jasna, a najslabiej Napola – wydając średnio o około 9% mniejszy plon ziarna w stosunku do odmiany Kosma. W oddziaływaniu na plon ziarna stwierdzono istotne interakcje odmian z wilgotnością gleby oraz nawożeniem azotem. Wszystkie testowane odmiany pszenicy najlepiej plonowały w obiektach optymalnie uwodnionych oraz optymalnie nawożonych – większą dawką N.

Niedobór wody w podłożu modyfikował również technologiczne parametry ziarna badanych odmian pszenicy w porównaniu z ziarnem z obiektów kontrolnych – optymalnie uwodnionych (tab. 2). Zawartość białka w ziarnie pszenicy z obiektów z niedoborem wody była średnio o 1,2 p.p., glutenu o 5,8 p.p. wyższa, ponadto o 8% i 13% wzrastała też odpowiednio liczba opadania oraz wskaźnik sedymentacyjny w stosunku do ziarna z obiektów optymalnie uwodnionych. Zróżnicowana wilgotność gleby nie miała natomiast wpływu na jakość glutenu ocenianą na podstawie indeksu glutenowego.

Zawartość białka oraz glutenu mokrego w ziarnie pszenic była, podobnie jak plon ziarna, istotnie wyższa w obiektach z większą dawką azotu; średnio niezależnie od wilgotności podłoża odpowiednio o około 3 i 12 p.p. (tab. 2). Nawożenie pszenicy wyższymi dawkami azotu prowadziło także do wzrostu średnio: o około 21% wskaźnika sedymentacji i o 4% liczby opadania, a spadku indeksu glutenowego średnio dla odmian o ponad 12% w stosunku do obiektów z niższym nawożeniem. Reakcja badanych odmian w obrębie analizowanych cech była podobna, chociaż wystąpiły pewne różnice między odmianami, najczęściej ziarno odmiany Napola charakteryzowało się korzystniejszymi (z wyjątkiem liczby opadania) parametrami technologicznymi w stosunku do dwu pozostałych odmian.

DYSKUSJA

Uzyskane wyniki badań świadczą o tym, iż niedobór wody oraz azotu w podłożu w istotny sposób ograniczał wielkość plonu ziarna badanych odmian pszenicy

jarej oraz modyfikował parametry technologiczne surowca w stosunku do obiektów optymalnie uwodnionych i optymalnie nawożonych azotem. Spadek plonu ziarna w warunkach suszy to typowa reakcja rośliny na stres wodny, gdy dochodzi do zahamowania wzrostu rośliny (3, 5, 14, 16), między innymi poprzez ograniczenie natężenia intensywności fotosyntezy (7, 10) czy też zmniejszenie eksportu asymilatów z blaszek liściowych, a ponadto na skutek zakłóceń w transporcie i dystrybucji wytworzonych asymilatów (15, 21). Plon całkowitej biomasy, a z rolniczego punktu widzenia plon ziarna jest końcowym efektem fotosyntezy oraz współdziałania procesów metabolicznych w tworzeniu plonu i w dużym stopniu zależy od cech genetycznych odmiany oraz nawożenia azotem i dostępności wody (3, 5, 15). Odmiana lepiej plonująca w warunkach stresowych, przy zmniejszonej wilgotności gleby i niewystarczającym nawożeniu azotem, zdaniem Dziadczyka (3) jest bardziej tolerancyjna i lepiej przystosowana do uprawy w zmiennych warunkach środowiska, gdzie często rośliny poddawane są działaniom m.in. stresu wodnego czy żywieniowego, i z rolniczego punktu widzenia powinna być preferowana.

Obniżenie wilgotności gleby w wazonach w fazie strzelania w źdźbło i utrzymanie jej niedoboru w podłożu do końca wegetacji pszenicy prowadziło u wszystkich badanych odmian przede wszystkim do istotnej redukcji liczby ziaren z rośliny, a ziarno charakteryzowało się większą masą tysiąca ziaren w stosunku do ziarna z obiektów kontrolnych, optymalnie nawodnionych. Porównywane odmiany różniły się reakcją na zadany stres wodny, prawdopodobnie wynikało to z cech genetycznych. Odmiana Kosma najlepiej plonująca wytwarzała największą liczbę ziarn na roślinie o najmniejszej MTZ, natomiast odmiana Napola plonująca najgorzej w prowadzonych doświadczeniach produkowała znacznie mniejszą ilość ziarna, o istotnie większej MTZ. W badaniach Podolskiej i in. (12) z pszenicą jarą odm. Nawra przy ograniczeniu wody w podłożu do 30% ppw, podobnie jak w przedstawionych badaniach, ulegała istotnej redukcji przede wszystkim liczba wytworzonych ziaren z rośliny, natomiast – odwrotnie niż w przeprowadzonych badaniach – spadała MTZ w stosunku do kontroli, ale nie były to istotne różnice. Mogło to być związane z inną reakcją i odpowiedzią roślin tej odmiany na stres wodny i jego siłę, gdyż, jak donosi Dziadczyk (3), odmiany mogą różnie reagować na brak wody.

Testowane odmiany, zgodnie z oczekiwaniami, dodatnio reagowały na zastosowane wyższe nawożenie azotem w dawce 2,4 g N na wazon plonując istotnie wyżej w porównaniu z pszenicą rosnącą w obiektach z o połowę niższym nawożeniem N. Jest to znana prawidłowość, gdyż azot zaliczany jest do głównych składników plonotwórczych, a dostępne badania w literaturze przedmiotu wskazują na ogół na pozytywny wpływ nawożenia azotem na wielkość plonu ziarna pszenicy, oczywiście w granicach optymalnych dawek N (1, 2, 8, 11, 17, 18). Analiza wielkości plonu ziarna badanych odmian pszenicy wykazała, że najlepiej plonowały rośliny w obiektach z większą dawką azotu i przy optymalnej wilgotności gleby. Jest to zgodne z oczekiwaniami, gdyż w warunkach optymalnego uwilgotnienia gleby azot jest na ogół lepiej wykorzystany w plonie roślin (3, 14). Podobne wyniki w badaniach

z pszenżytem jarym uzyskali Koziara i in. (9) udowadniając, że produktywność wody zwiększała się wraz ze wzrostem dawki azotu.

Ziarno badanych odmian pszenicy jarej z obiektów z większą dawką azotu, 2,4 g N na wazon w niniejszych badaniach było dorodniejsze i miało większą MTZ w stosunku do obiektów z dawką 1,2 g N na wazon. Na korzystny wpływ większych dawek azotu na masę 1000 ziaren pszenicy jarej wskazują wyniki badań Wacławowicza i in. (19) oraz Wróbla (20). Odmienne zależności otrzymali Borkowska i in. (1), którzy stwierdzili obniżenie MTZ pod wpływem wzrastającego nawożenia azotem. Natomiast w badaniach Sułek i in. (17) oraz Sułek i Cacak-Pietrzak (18) masa tysiąca ziaren pszenicy jarej nie zmieniała się istotnie pod wpływem nawożenia azotem.

Niedobór wody w podłożu prowadził na ogół do polepszenia technologicznych parametrów ziarna badanych odmian pszenicy – wzrostu zawartości białka, glutenu, liczby opadania oraz wskaźnika sedymentacyjnego – w porównaniu z ziarnem pszenic z obiektów optymalnie uwodnionych. Jest to zgodne z badaniami Goodlinga i Smitha (4) z których wynika, że dla gromadzenia się białka w ziarnie i kształtowania korzystnych parametrów jakościowych pożądana jest m.in. mała ilość opadów w okresie od kłoszenia do dojrzałości woskowej pszenicy. Wzrost zawartości białka ogólnego oraz glutenu mokrego w ziarnie w warunkach zmniejszonej wilgotności gleby w badaniach z pszenicą jarą uzyskała Podolska i in. (12) oraz z pszenicą ozimą Kocoń i Podolska (8). Zdaniem Podolskiej i in. (12) zwiększenie zawartości glutenu pod wpływem stresu suszy spowodowane jest m.in. zmianą jakościową procentowego udziału frakcji białek z grupy albumin i globulin i wzrostem zawartości białek z grupy gliadyn i glutenin.

Zawartość białka oraz glutenu mokrego, a także wskaźnik sedymentacyjny w ziarnie analizowanych pszenic były istotnie większe przy wyższej dawce azotu. Podobne zależności otrzymali m.in. Cacak-Pietrzak i in. (2), Ralcewicz i Knapowski (13), Sułek i in. (17), Sułek i Cacak-Pietrzak (18) oraz Wróbel (20) – wzrost ilości azotu w podłożu w znaczący sposób poprawiał te parametry jakościowe ziarna pszenicy jarej. Reakcja porównywanych w naszych doświadczeniach odmian w obrębie badanych cech była zróżnicowana, ziarno odmiany Napola charakteryzowało się korzystniejszymi parametrami technologicznymi w stosunku do dwu pozostałych.

Plenność pszenicy zdaniem Kaczyńskiego (6) jest zazwyczaj ujemnie skorelowana z jakością, odmiany o lepszej wartości technologicznej plonują gorzej. W prezentowanych badaniach było podobnie – analizowane odmiany: Napola, Jasna i Kosma różniły się plennością, ale także często analizowanymi parametrami jakościowymi ziarna. Najlepiej plonująca odmiana Kosma charakteryzowała się na ogół gorszymi parametrami jakościowymi ziarna w porównaniu z pozostałymi odmianami, a najslabiej plonująca Napola miała ziarno jakościowo najlepsze.

WNIOSKI

1. W warunkach niedoboru wody w glebie plon ziarna analizowanych odmian pszenicy jarej niezależnie od nawożenia azotem ulega średnio około 23% redukcji, a ich ziarno osiąga lepsze parametry technologiczne w porównaniu z obiektami optymalnie uwodnionymi.

2. Badane odmiany dodatnio reagują na zastosowane nawożenie azotem. Rośliny w obiektach z wyższą dawką azotu, niezależnie od wilgotności podłoża, plonują lepiej i wydają ziarno o lepszych parametrach technologicznych w stosunku do obiektów z mniejszą dawką N.

3. Najlepiej spośród testowanych odmian w zróżnicowanych warunkach wilgotności gleby i nawożenia azotem plonuje odmiana Kosma, natomiast najlepsze parametry technologiczne surowca cechują na ogół odmianę Napola.

LITERATURA

1. Borkowska H., Grundas S., Styk B.: Plonowanie kilku odmian pszenicy jarej w zależności od poziomu nawożenia azotem. *Ann. UMCS, Sec. E.*, 1999, **55**: 21-29.
2. Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T.: Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy ozimej w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotowego. *Pam. Puł.*, 1999, **118**: 45-56.
3. Dziadczyk P.: Genetyczne uwarunkowania tolerancji na stresy abiotyczne u roślin. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2002, **481**: 49-60.
4. Goodling M.J., Smith G.P.: The potential to use climate, variety and nitrogen relationships to optimize wheat quality. *Fifth Congress ESA*, 1998, **1**: 229-230.
5. Guttieri M.J., Stark J.C., Brien K., Souza E.: Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. *Crop Sci.*, 2001, **41**: 327-335.
6. Kaczyński Ł.: Wartość gospodarcza zarejestrowanych w Polsce odmian pszenicy. *Pam. Puł.*, 1999, **118**: 183-205.
7. Kocoń A.: Wpływ stresu wodnego na fotosyntezę wybranych odmian pszenicy jarej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2006, **509**: 133-139.
8. Kocoń A., Podolska G.: Wpływ niedoboru wody w glebie na plon i jakość ziarna wybranych odmian pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 2008, **1**: 167-176.
9. Kozłara W., Panasiewicz K., Grześ S.: Produktowność wody w uprawie pszenżyta jarego w zróżnicowanych warunkach agrotechnicznych. *Rocz. AR Poznań*, 353, *Rolnictwo*, 2006, **66**: 161-168.
10. Lu C.M., Zhang J.H.: Effects of water stress on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and photoinhibition in wheat plants. *Austr. J. Plant. Physiol.*, 1998, **25**: 883-892.
11. Podolska G., Sułek A.: Główne elementy technologii produkcji decydujące o wysokiej jakości ziarna pszenicy. *Pam. Puł.*, 2002, **130**: 597-605.
12. Podolska G., Sułek A., Konopka I., Dziuba J.: Wpływ stresu suszy na plonowanie i zawartość związków alergizujących w ziarniakach pszenicy jarej odmiany Nawra. *Rocz. AR Poznań*, 353, *Rolnictwo*, 2006, **66**: 297-304.
13. Ralczewicz M., Knapowski T.: Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na wysokość plonu i wartość technologiczną pszenicy jarej. *Ann. UMCS, Sec. E.*, 2004, **59(2)**: 969-978.
14. Schulze E.D.: Whole plant responses to drought. *Aust. J. Plant Physiol.*, 1986, **13**: 127-149.
15. Starck Z.: Współzależność pomiędzy fotosyntezą i dystrybucją asymilatów a tolerancją roślin na niekorzystne warunki środowiska. *Post. Nauk Rol.*, 1995, **3**: 19-35.

16. Starck Z.: Mechanizmy integracji procesów fotosyntezy i dystrybucji biomasy w niekorzystnych warunkach środowiska. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2002, **481**: 111-123.
17. Sułek A., Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T.: Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy jarej w zależności od sposobu nawożenia azotem. Pam. Puł., 2002, **130**: 709-718.
18. Sułek A., Cacak-Pietrzak G.: Kształtowanie się cech jakościowych ziarna odmian pszenicy jarej w zależności od nawożenia azotem. Fragm. Agron., 2008, **1**: 400-409.
19. Waclawowicz R., Parylak D., Śniady R.: Następny wpływ nawożenia organicznego oraz mineralnego azotowego na plonowanie oraz wybrane cechy jakościowe ziarna pszenicy jarej. Pam. Puł., 2005, **139**: 277-288.
20. Wróbel E.: Reakcja pszenicy jarej na dawkę i termin stosowania azotu. Pam. Puł., 1999, **118**: 447-453.
21. Zhu J.K.: Salt and drought stress signal transduction in plants. Ann. Rev. Plant Biol., 2002, **53**: 247-273.

THE EFFECT OF SOIL MOISTURE AND NITROGEN FERTILIZATION ON YIELD AND SOME GRAIN QUALITY PARAMETERS OF SPRING WHEAT

Summary

The effect of differentiated soil moisture and nitrogen fertilization on yield and chosen grain quality parameters of selected spring wheat cultivars: Napola, Jasna and Kosma were investigated. The experiment was conducted in greenhouse in 2002–2003 and 2005 years in Mitscherlich pots containing 6.5 kg of soil with differentiated (from the shooting phase) moisture level (40 or 60% of full water capacity). The following doses of N were applied: 1.2 and 2.4 g per pot. Plants were harvested at full ripeness. It was shown that water deficiency in soil decreased the grain yield of all varieties in comparison with the control ones (optimal water condition). Water deficit had a favourable effect on grain quality parameters of the examined varieties in comparison with the objects with a higher moisture level. All the wheat varieties reacted favourably to the increase of N rate. The grain yield, protein and gluten content increased together with the increase of N rate applied to the soil. It was found that Kosma cultivar gave the best yielding, independently from nitrogen fertilization and water condition in the subsoil, and Napola cultivar was characterized in general by a higher technological value of parameters in comparison with Jasna and Kosma.

Praca wpłynęła do Redakcji 22 I 2010 r.

ALINA KOWALCZYK-JUŚKO

Katedra Produkcji Roślinnej i Agrobiznesu
Wydział Nauk Rolniczych w Zamościu – Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

PORÓWNANIE SKŁADU CHEMICZNEGO I WARTOŚCI ENERGETYCZNEJ BIOMASY WYBRANYCH GATUNKÓW ROŚLIN

The comparison of chemical composition and energetic value of some plants species biomass

ABSTRAKT: W związku z rosnącym zapotrzebowaniem energetyki na biomasę istnieje potrzeba intensyfikacji badań nad roślinami o dużej wydajności. Oprócz prac zmierzających do zwiększenia ich plonowania, niezbędne jest też określenie ich składu chemicznego i cech ważnych z punktu widzenia energetyki. Praca obejmuje wyniki badań nad pięcioma gatunkami roślin energetycznych. Biomasa miskanta cukrowego, spartiny preriowej, słonecznika bulwiastego, ślazuca pensylwańskiego i róży bezkolcowej poddano analizie składu chemicznego i wartości energetycznej. Biomasa poszczególnych roślin w okresie zbioru (zimą) znacząco różniła się wilgotnością. Najwyższą wilgotność stwierdzono w próbach róży bezkolcowej (47%). Pozostałe rośliny miały wilgotność zbliżoną lub niższą od 20%, co obniża nakłady związane z dosuszaniem. Wilgotność w stanie analitycznym wahała się w granicach 7,7–14,6%. Wartość opałowa poszczególnych gatunków, określona w stanie analitycznym, oscylowała wokół $15 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$, zaś ciepło spalania określono na poziomie $15,8\text{--}16,9 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. Zawartość popiołu wynosiła 2,5–5,1% i była największa w łodygach słonecznika bulwiastego. Największą zawartość siarki stwierdzono w roślinach spartiny preriowej (0,08%). W biomasie miskanta cukrowego nie stwierdzono obecności chloru, z kolei w nadziemnych częściach słonecznika bulwiastego stwierdzono najwyższą zawartość tego pierwiastka (0,24%), kilkakrotnie większą niż u pozostałych roślin. Wyniki przeprowadzonych badań mogą być pomocne w podejmowaniu decyzji przedsiębiorstw energetycznych o doborze paliwa dla konkretnej jednostki.

słowa kluczowe – key words:

biomasa – *biomass*, rośliny energetyczne – *energetic plants*, skład chemiczny – *chemical composition*, wartość opałowa – *fuel value*

WSTĘP

Zobowiązania Polski dotyczące wzrostu wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych są powodem rosnącego zużycia biomasy, szczególnie przez duże jednostki energetyczne. Podstawowym odnawialnym surowcem wykorzystywanym obecnie w elektrowniach i elektrociepłowniach są trociny, wióry, zrębki i inne odpady drzewne. Kurczenie się zasobów biomasy drzewnej z leśnictwa i przemysłu drzewnego powoduje wzrost zainteresowania pozyskiwaniem biomasy z rolnictwa, jednakże nie-

wiele gatunków tradycyjnie uprawianych w kraju charakteryzuje się odpowiednią produktywnością. Z tych względów prowadzone są badania nad nowymi lub mało znanymi roślinami, które są nie tylko wydajne, ale też wieloletnie, gdyż pozwala to na uniknięcie kosztów związanych z corocznym zakładaniem plantacji. Gatunki introdukowane do naszych warunków glebowo-klimatycznych powinny zostać dokładnie zbadane, zarówno pod kątem wpływu na środowisko, jak też przydatności do wykorzystania energetycznego. Bardzo ważną cechą biomasy roślinnej jest wilgotność podczas zbioru. Mała zawartość wody jest bardzo korzystną cechą roślin energetycznych, gdyż pozwala uniknąć nakładów na suszenie. Wyższa wilgotność biomasy obniża jej wartość opałową, a ponadto powoduje większą emisję zanieczyszczeń podczas spalania (9). Niezbędna staje się więc ocena właściwości energetycznych poszczególnych rodzajów biomasy z uwzględnieniem jej właściwości chemicznych.

Badania składu chemicznego roślin energetycznych są ważne w kontekście ich wykorzystania do produkcji peletów. W wielu krajach Europy obowiązują normy dotyczące składu peletów. W Polsce normy takie są w trakcie opracowywania, a po ich wejściu w życie niezbędne będzie dostosowanie składu granulatu, a tym samym odpowiedni wybór surowców do ich produkcji. Dla przykładu normy obowiązujące w Austrii i Niemczech dopuszczają zawartość siarki poniżej 0,04% s.m., zaś w Szwecji <0,08% (7). Z kolei zawartość chloru w granulacie nie powinna przekraczać odpowiednio 0,02% s.m. i 0,03%. Wymogi dotyczące zawartości popiołu (najwyższa dopuszczalna zawartość to 1,5% w niemieckiej normie DIN 51731) sprawiają, że drewno wydaje się jedynym materiałem nadającym się do produkcji granulatu o odpowiedniej jakości. Dla porównania zawartość popiołu w słomie zbóż wynosi 3–4% (3).

Celem przeprowadzonych badań było ustalenie składu chemicznego i parametrów energetycznych mało rozpowszechnionych wieloletnich gatunków, postrzeganych w ostatnim czasie jako rośliny energetyczne. Do badań wybrano wieloletnie gatunki roślin traktowane jako energetyczne zarówno przez wielu autorów (5, 6, 11, 14), jak i przez krajowe ustawodawstwo dotyczące płatności do surowców energetycznych (12).

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiła biomasa pięciu gatunków roślin pozyskana na polach Stacji Doświadczalnej Wydziału Nauk Rolniczych w Zamościu. Badane rośliny to: miskant cukrowy (*Miscanthus sacchariflorus* Maxim.), spartina preriowa (*Spartina pectinata* Link), słonecznik bulwiasty nazywany powszechnie topinamburem (*Helianthus tuberosus* L.) odmiana Rubik, ślazowiec pensylwański (*Sida hermaphrodita* Rusby) i róża bezkolcowa (*Rosa multiflora* Thunb.). Próby nadziemnych części roślin zostały pobrane po zakończeniu wegetacji zimą 2006 r., w stanie właściwym

dla zbioru roślin energetycznych. Określono wilgotność po zbiorze biomasy, a następnie poddano ją analizie elementarnej, wartości energetycznej i ciepła spalania w Zakładach Pomiarowo-Badawczych Energetyki „Energopomiar” w Gliwicach. Pomiary wilgotności, zawartości popiołu i części lotnych wykonano metodą wagową. Dla ustalenia ciepła spalania i obliczenia wartości opałowej biomasy zastosowano metodę kalorymetryczną. Badanie zawartości węgla, wodoru i siarki przeprowadzono metodą absorpcji w podczerwieni, azotu – metodą katarometryczną, zaś chloru – metodą miareczkowania. Badania przeprowadzono dla dwu poziomów wilgotności biomasy: analitycznej (powietrzno-suchej), oznaczonej jako „a” i suchej masy, oznaczonej jako „d”. Zależność pomiędzy wartością opałową i wilgotnością badanych rodzajów biomasy określono na podstawie wzoru (13):

[1]

$$\text{gdzie: } Q_i^r = Q_i^d \left(\frac{100 - W}{100} \right) - \left(\frac{2,442 \cdot W}{100} \right)$$

Q_i^r – wartość opałowa w stanie roboczym

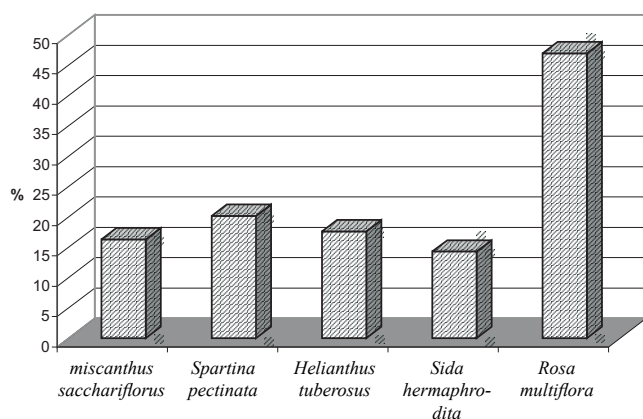
Q_i^d – wartość opałowa w stanie suchym

W – wilgotność

2,442 – ilość energii potrzebna do odparowania 1 kg wody (MJ)

WYNIKI

Biomasa poszczególnych gatunków poddanych badaniom charakteryzowała się zróżnicowaną wilgotnością polową, określoną bezpośrednio po zbiorze. Wilgotność w stanie roboczym wyniosła: 16,3% – miskant cukrowy, 20,2% – spartina periowa, 17,6% – słonecznik bulwiasty (topinambur), 14,3% – ślaziołec pensylwański oraz 47,0% – róża bezkolcowa (rys. 1). Rośliny w stanie analitycznym (powietrzno-suchym) zawierały odpowiednio mniej wody (tab. 1).



Rys. 1. Wilgotność biomasy badanych gatunków w stanie roboczym (%)
Moisture of examined species biomass (%)

Tabela 1

Skład chemiczny i parametry energetyczne biomasy badanych roślin
Chemical composition and energetic parameters of tested plants biomass

Parametr Parameter	Jednostka Unit	Symbol Symbol	Miskant cukrowy <i>Miscanthus sacchariflorus</i>		Spartina perłowa <i>Spartina pectinata</i>		Słonecznik bulwiasty <i>Helianthus tuberosus</i>		Ślaziowiec pensylwański <i>Sida hermaphrodita</i>		Róża bezkolcowa <i>Rosa multiflora</i>	
			a	d	a	d	a	d	a	d	a	d
Wilgotność; Moisture	%	W	7,7	-	13,5	-	9,7	-	8,3	-	14,6	-
Popiół; Ash	%	A	3,5	3,7	3,6	4,1	5,1	5,6	2,5	2,8	2,6	3,1
Substancja palna Burnt matter	%		88,9	96,3	83,0	95,9	85,3	94,4	89,2	97,2	82,8	96,9
Części lotne Volatile matter	%	V	75,2	81,4	69,1	79,8	66,9	74,1	72,2	78,7	64,5	75,5
Ciepło spalania Gross calorific value	MJ·kg ⁻¹	Q _s	16,8	18,1	16,5	19,0	15,8	17,5	16,9	18,4	16,2	19,0
Wartość opałowa Net calorific value	MJ·kg ⁻¹	Q _i	15,5	17,0	15,1	17,8	14,5	16,3	15,6	17,2	14,9	17,8
Węgiel; Carbon	%	C _i	45,64	49,43	43,24	49,97	43,27	47,90	46,18	50,34	43,65	51,08
Wodór; Hydrogen	%	H _i	4,89	5,30	4,66	5,38	4,94	5,47	4,99	5,44	4,68	5,48
Tlen; Oxygen	%	O	38,23	41,40	34,87	40,31	36,68	40,87	37,96	41,39	33,49	39,23
Azot; Nitrogen	%	N	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10	0,11	0,02	0,02	0,91	1,06
Siarka całkowita Total sulphur	%	S _t	0,05	0,05	0,08	0,09	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,07
Chlor; Chlorine	%	Cl	0,000	0,000	0,009	0,010	0,240	0,266	0,006	0,007	0,026	0,030

a – stan analityczny; analytical condition

d – stan suchy; dry condition

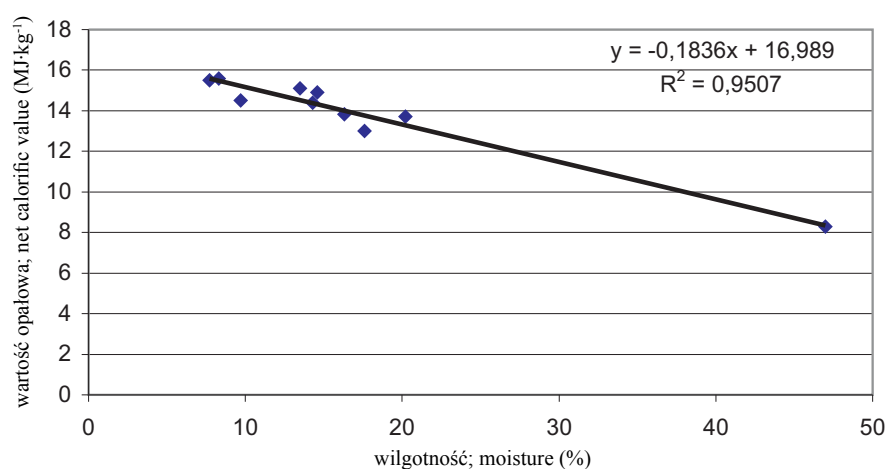
Źródło: badania własne; Source: own investigations

Ciepło spalania biomasy badanych roślin w stanie analitycznym wahało się w granicach 15,8–16,9 MJ·kg⁻¹, zaś w stanie suchym 17,5–19 MJ·kg⁻¹, natomiast wartość opałowa odpowiednio 14,5–15,6 MJ·kg⁻¹ i 16,3–17,8 MJ·kg⁻¹ (tab. 1). Przeprowadzone badania pozwoliły stwierdzić, że słonecznik bulwiasty charakteryzował się najmniej korzystnymi wartościami parametrów energetycznych: ciepło spalania i wartość opałowa pędów tej rośliny okazały się najniższe w obydwu stanach badawczych. Najlepszymi własnościami energetycznymi w stanie analitycznym cechowała się biomasa ślazuca, zaś w stanie absolutnie suchym spartina i róża wykazały najwyższe, identyczne wartości.

Wartość opałowa biomasy jest ściśle uzależniona od jej wilgotności, o czym świadczą uzyskane wyniki analizy oraz obliczeń przeprowadzonych dla wilgotności roboczej na podstawie wzoru [1]. Wartość opałową poszczególnych surowców w funkcji wilgotności biomasy obrazuje rysunek 2. Spadek zawartości suchej masy w surowcach energetycznych jest związany ze zmniejszeniem wartości opałowej, co wynika z większego zużycia energii na odparowanie wody zawartej w paliwie. Współczynnik determinacji R^2 pomiędzy badanymi parametrami wyniósł 0,9507.

Najwyższą zawartość popiołu stwierdzono w łodygach słonecznika bulwiastego – 5,1% w stanie analitycznym i 5,6% w stanie absolutnie suchym, zaś najmniej popiołu zawierały nadziemne części ślazuca pensylwańskiego, odpowiednio 2,5 i 2,8%.

Zawartość substancji palnej w stanie analitycznym zawierała się w granicach 82,8% (róża) – 89,2% (ślazuca), zaś w stanie suchym wahała się od 94,4% (topinambur) do 97,2% (ślazuca). Udział części lotnych w biomacie roślin w stanie



Rys. 2. Zależność korelacyjna wartości opałowej od wilgotności biomasy
Correlation between net calorific value and biomass moisture

analitycznym najmniejszy był w przypadku róży (64,5%), a największy – w miskancie (75,2%), natomiast w stanie suchym odpowiednio 74,1% w topinamburze i 81,4% w miskancie.

Zawartość węgla, pierwiastka pożądanego we wszelkich surowcach energetycznych, wahała się od 43,27% w stanie analitycznym i 47,90 w stanie suchym w biomase topinamburu do 46,18% w stanie analitycznym w łodygach ślazuwca i 51,08% w absolutnie suchych pędach róży. Biomasa wybranych roślin badana była też pod kątem zawartości siarki i chloru – pierwiastków odpowiedzialnych za korozję urządzeń grzewczych. Procentowy udział siarki ulegał niewielkim wahaniom w granicach 0,05–0,09% na obydwu poziomach wilgotności biomasy. Różnica zawartości chloru była natomiast duża. W biomase miskanta cukrowego nie stwierdzono obecności tego pierwiastka zarówno w stanie analitycznym, jak i suchym. Najwięcej chloru zawierały łodygi topinamburu: 0,240% w stanie analitycznym i 0,266% w stanie suchym.

DYSKUSJA

Najważniejszymi parametrami termofizycznymi paliw są wartość opałowa oraz ciepło spalania. Parametry te zależą przede wszystkim od składu chemicznego i wilgotności materiału. Ciepło spalania jest to ilość ciepła uzyskana podczas spalania jednostki masy paliwa stałego w atmosferze tlenu, natomiast wartość opałowa jest to ciepło spalania pomniejszone o ciepło konieczne do odparowania wody obecnej w paliwie oraz wilgoci higroskopijnej. Dla słomy suchej wartość opałowa zawiera się w stosunkowo wąskim przedziale od 14 do 15 MJ·kg⁻¹ i zależy przede wszystkim od rodzaju rośliny, zaś wartość opałowa badanych roślin w stanie suchym wynosiła 16,3–17,8 MJ·kg⁻¹. Dla porównania wartość opałowa węgla waha się od 18,8 do 29,3 MJ·kg⁻¹. Wartość opałowa określona w stanie analitycznym oscylowała wokół 15 MJ·kg⁻¹. Ciepło spalania wahało się na poziomie 15,8–16,9 MJ·kg⁻¹ i były to wartości typowe dla wielu rodzajów biomasy. Moilanen (8) dokonał przeglądu literatury dotyczącej składu chemicznego i parametrów energetycznych biomasy pochodzącej z rolnictwa i leśnictwa. Jak wynika z prezentowanych przez niego danych, minimalna wartość opałowa określona w stanie suchym wyniosła 16,75 MJ·kg⁻¹, zaś maksymalna 19,70 MJ·kg⁻¹ (ciepło spalania odpowiednio 18,06 i 20,95 MJ·kg⁻¹), przy czym wartości minimalne przypadały na biomasę trzciny, a maksymalne na korę sosny. Niedziółka i Zuchniarz (9) porównali wartość opałową słomy (pszennej, jęczmiennej, rzepakowej, kukurydzianej), granulatów (peletów, brykietów drzewnych i ze słomy), zrębków drzewnych oraz ziarna owsa. Wartość opałowa wszystkich tych surowców energetycznych zawierała się w granicach 14–18 MJ·kg⁻¹, przy czym najwyższą wartością energetyczną charakteryzowały się pelety. Porównanie wyników badań własnych z prezentowanymi w bazie danych zawierającej informacje na temat parametrów energetycznych biomasy i niektórych odpadów (10) wskazuje, że skład

i wartość energetyczna poszczególnych gatunków są porównywalne z prezentowanymi w literaturze i dość stabilne bez względu na region uprawy rośliny.

Wartość energetyczna biomasy zależy głównie od jej wilgotności i zawartości wodoru. W związku z małymi różnicami w zakresie zawartości H, decydujący wpływ na parametry energetyczne wywierała wilgotność biomasy, o czym świadczą zarówno wyniki badań własnych (współczynnik regresji pomiędzy tymi parametrami wyniósł 0,9507), jak i dane literaturowe (3, 4, 13). Również Wilk (15), na podstawie analizy 34 przypadkowych prób biomasy drzewnej, stwierdziła bardzo wysoką korelację pomiędzy wartością opałową i wilgocią całkowitą (współczynnik regresji R^2 wyniósł 0,9903). Wilgotność poszczególnych rodzajów biomasy jest bardzo zróżnicowana. Wilgotność np. słomy świeżej zawiera się między 12 a 22%, a w pewnych przypadkach może być wyższa, w zależności od warunków atmosferycznych i gatunku rośliny. Zbyt wysoka wilgotność biomasy wpływa nie tylko na zmniejszenie ilości uzyskanej energii, ale również na przebieg samego spalania, powodując podwyższoną emisję zanieczyszczeń w spalinach. Ponadto duża wilgotność biomasy może powodować problemy z jej magazynowaniem, transportem, rozdrabnianiem i zadawaniem do paleniska. Maksymalna dopuszczalna wilgotność dla słomy jest różna dla różnych instalacji, lecz na ogół waha się w granicach 18–25% (3). Wilgotność połowa badanych gatunków mieści się w tych granicach i wynosi od 14,3% dla ślazu do 20,2% w przypadku spartiny preriowej. Jedynie wilgotność róży bezkolcowej w stanie roboczym jest bardzo wysoka (47%), jednak jest to typowe dla drzew i krzewów, które zimą zachowują procesy życiowe, w odróżnieniu od traw czy bylin, zasychających zimą, a corocznie odtwarzających swoje części nadziemne.

Podczas spalania czystej biomasy powstają małe ilości popiołu, a jego zawartość w biomacie zdaniem Niedziółki i Zuchniarza (9) wynosi 0,5–12,5%. Wprawdzie popiół ze spalania biomasy może znaleźć zastosowanie nawozowe, jednak rozpatrując możliwość wykorzystania surowców roślinnych w procesie współspalania lub produkcji granulatów (peletów), nadmierna zawartość popiołu może okazać się cechą niekorzystną. Badane rośliny charakteryzowały się udziałem popiołu na poziomie 2,8–5,6% s.m. i w świetle norm dotyczących peletów (7) żaden z tych surowców nie spełnia ich wymogów. Również badania Borkowskiej i Styka (1) nad wykorzystaniem ślazu pensylwańskiego do produkcji granulatów wykazały nadmierną zawartość nie tylko popiołu, ale też chloru i azotu w uzyskanych peletach, nie stwierdzono zaś obecności siarki, a zawartość pierwiastków śladowych była wielokrotnie niższa od dopuszczalnej. W badaniach własnych tylko biomasa słonecznika bulwiastego przekraczała normy zachodnioeuropejskie dotyczące peletów pod względem zawartości chloru, zaś róży bezkolcowej – pod względem zawartości azotu. Wilk (15) podaje, że maksymalna zawartość chloru stwierdzona w słomie różnych roślin badanych w laboratorium Instytutu Chemicznej Przeróbki Węgla wyniosła 1,023%, zaś w biomacie drzewnej 0,039%. Zawartość siarki całkowitej w badanych roślinach nie przekraczała setnych części procentu (0,05–0,09%),

zaś Gradziuk (2) podaje, że w słomie różnych gatunków roślin rolniczych udział siarki wynosi 0,1–0,4%.

Wysoka zawartość węgla w surowcach energetycznych jest bardzo pożądana, gdyż zależność korelacyjna pomiędzy zawartością tego pierwiastka a wartością opałową biomasy jest dodatnia. W badaniach Wilk (15) współczynnik determinacji R^2 wyniósł 0,9976. Udział węgla w suchej masie badanych roślin wahał się od 47,9% nadziemnych częściach topinamburu do 51,08% w pędach róży, podczas gdy w słomie wynosi on 42–43%, zaś w węglu kamiennym 59% (3).

Wyniki przeprowadzonej analizy wskazują, że badane surowce mogą zostać wykorzystane w energetyce, jednak w przypadku produkcji granulatów eksportowych należałoby ich biomasę mieszać z surowcami o składzie spełniającym wymogi norm poszczególnych krajów.

WNIOSKI

1. Przeprowadzone badania pozwalają stwierdzić, że poszczególne gatunki roślin różnią się zarówno składem chemicznym, jak i parametrami energetycznymi. Największe różnice stwierdzono w zakresie wilgotności biomasy w stanie roboczym, gdyż wilgotność róży bezkolcowej była ponad 3-krotnie większa od zawartości wilgoci w łodygach ślazuwca pensylwańskiego i ponad dwukrotnie przewyższała wilgotność pozostałych roślin energetycznych. Większość badanych roślin, z wyjątkiem róży bezkolcowej, charakteryzuje się niską wilgotnością podczas zbioru (zimą), co pozwala na ich przerób lub spalanie bez konieczności dosuszania.

2. Z porównywanych gatunków najwięcej korzystnych cech z punktu widzenia energetycznego posiada ślazuwiec pensylwański: niska wilgotność podczas zbioru (14,3%), niska zawartość popiołu i siarki, wysoka zawartość węgla, a równocześnie wartość opałowa i ciepło spalania nie odbiegające od innych gatunków, to cechy bardzo korzystne w przypadku wykorzystania energetycznego.

3. Najmniej korzystnie w tym porównaniu wypada słonecznik bulwiasty, ze względu na wysoką zawartość popiołu i chloru, przy równocześnie niskiej zawartości węgla i wartości energetycznej części nadziemnych.

4. Biomasa badanych gatunków nie spełnia norm obowiązujących w niektórych krajach zachodnioeuropejskich, dotyczących peletów z biomasy, w zakresie wielu badanych cech. W związku z tym należy podjąć badania zmierzające do ustalenia możliwości wykorzystania biomasy różnych roślin energetycznych w odpowiednich proporcjach z biomasą drzewną w procesie produkcji granulatów. Można wówczas zmniejszyć ilość zużywanego drewna (którego zasoby są ograniczone), a równocześnie zachować jakość peletów w granicach określonych przez normy.

LITERATURA

1. Borkowska H., Styk B.: Ślaziowiec pensylwański (*Sida hermaphrodita* Rusby) uprawa i wykorzystanie. Wyd. AR Lublin, 2006.
2. Gradziuk P. (red.): Biopaliwa. Wyd. Wieś Jutra, Warszawa, 2003.
3. Grzybek A., Gradziuk P., Kowalczyk K.: Słoma energetyczne paliwo. Wyd. Wieś Jutra, Warszawa 2001.
4. Kościk B. (red.): Rośliny energetyczne. Wyd. AR Lublin, 2003.
5. Kowalczyk-Juško A.: Źródła biomasy na cele energetyczne. W: Bioenergetyka podkarpacka, red. B. Kościk, PWSZ w Jarosławiu, 2007, 105-185.
6. Kowalczyk-Juško A., Kościk B.: Perennial plant biomass production and methods of its conversion into energy. Koszalińskie Studia i Materiały, 2006, **9**: 93-100.
7. Kowalewski L.: Pelety drzewne (wood pellets) wymagania rynku a normy. <http://www.paliwa-drzewne.pl/index.php?dzid=99&did=38>
8. Moilanen A.: Thermogravimetric characterizations of biomass and waste for gasification processes. VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo, 2006.
9. Niedziółka I., Zuchniarz A.: Analiza energetyczna wybranych rodzajów biomasy pochodzenia roślinnego. MOTROL, 2006, **8A**: 232-237.
10. Phyllis. Database for biomass and waste. ECN. <http://www.ecn.nl/phyllis/> Energy Research Centre of the Netherlands.
11. Pruszyński S., Gacek E.: Rośliny energetyczne – nowe wyzwanie dla ochrony roślin. Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 2005, **45(1)**: 384-391.
12. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 14 marca 2007 r. w sprawie planów reprezentatywnych roślin energetycznych (Dz.U. Nr 55, poz. 364).
13. Sims R.E.H.: The brilliance of bioenergy: in business and in practice. James and James Publications. London, UK, 2002.
14. Szczukowski S., Kościk B., Kowalczyk-Juško A., Tworkowski J.: Uprawa i wykorzystanie roślin alternatywnych na cele energetyczne. Fragm. Agron., 2006, **3(91)**: 301-315.
15. Wilk B.: Określenie zależności wartości opałowej od wybranych właściwości fizykochemicznych biomasy. Mat. Sem. „Techniki analityczne i procedury badawcze w zastosowaniu do nowych uwarunkowań prawnych w energetyce”. IChPW, Zabrze, 2006.

THE COMPARISON OF CHEMICAL COMPOSITION AND ENERGETIC VALUE OF SOME PLANTS SPECIES BIOMASS

Summary

Because of the still rising demand for biomass from energy industry there's a need to intensify the research on high efficiency crops. Apart from the effort leading to the increase of yielding, it is essential to determinate the chemical composition and also important factors for energy industry. This work includes the results of the research on five species of energy corps. Biomasses of *Miscanthus sacchariflorus*, *Spartina pectinata*, *Helianthus tuberosus*, *Sida hermaphrodita* and *Rosa multiflora* were analyzed for their chemical composition and energy content. Moisture content between crops was different during winter time. The highest moisture content was discovered in *Rosa multiflora* sample (47%). Rest plants in their natural conditions had a similar moisture content at the level of about 20%, which enables to their preliminary preparation to the process of combustion (like: briquetting, pelleting or chipping) without a need for drying. Moisture content in analytic condition of fuel (W_a) varies from 7.7 up to 14.6%. Net calorific value in analytic state (Q_{ia}) amounts to about 15 MJ kg⁻¹ while gross calorific value vary from 15.8 to 16.9 MJ kg⁻¹, content of ashes (A_a) varies from 2.5 up to 5.1% in

Helianthus tuberosus stalks. The highest sulphur content (0.08%) was discovered in *Spartina pectinata* plants. The studies proved also chlorine lack in *Spartina pectinata* plants while in overhead parts of *Helianthus tuberosus*, the content of that element was the highest (0,24%), which is several times more when compared to other studied energy crops. The obtained research results could be very helpful for energy producers in making decisions about the most suitable choice of renewable fuel.

Praca wpłynęła do Redakcji 5 VIII 2008 r.

¹BARBARA KROCHMAL-MARCZAK, ²ADAM HARASIM, ³BARBARA SAWICKA

¹Zakład Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich – Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Krośnie

²Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

³Pracownia Towaroznawstwa Produktów Roślinnych – Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

EFEKTYWNOŚĆ EKONOMICZNA TECHNOLOGII PRODUKCJI *IPOMOEA BATATAS* L. [LAM.] POD OSŁONAMI W WARUNKACH POŁUDNIOWO-WSCHODNIEJ POLSKI

The economic efficiency of *Ipomoea batatas* [L.] Lam. cultivation under protection in conditions
of the south-eastern Poland

ABSTRAKT: Eksperyment polowy przeprowadzono w latach 2004–2006 w Żytnowie (woj. podkarpackie) metodą losowanych podbloków w układzie zależnym, w 3 powtórzeniach. Czynnikiem I rzędu były technologie uprawy: a) tradycyjna jako obiekt kontrolny, b) z zastosowaniem osłon z folii polietylenowej, c) z użyciem włókniny polipropylenowej jako okrywy. Czynnikiem II rzędu stanowiły 3 odmiany batata (Carmen Rubin, Goldstar i White Triumph). Czynnikiem III rzędu były gęstości sadzenia, co 30, 40 i 50 cm w rzędzie, zaś odległość między rzędami wynosiła 75 cm. Efekt ekonomiczny produkcji batata różnicowały wszystkie czynniki eksperymentu; przy czym najkorzystniejsze wskaźniki ekonomiczne uzyskano w uprawie odmiany Carmen Rubin, w warunkach małej gęstości sadzenia (50 x 75 cm). Opłacalność produkcji zwiększało stosowanie osłon, zwłaszcza włókniny polipropylenowej. Najmniejszą opłacalnością produkcji cechowała się uprawa odmiany White Triumph, zależna również od gęstości sadzenia i technologii uprawy.

słowa kluczowe – *key words*:

batat – *sweet potatoes*, uprawa – *cultivation*, odmiany – *cultivars*, osłony – *cover*, opłacalność – *profitability*

WSTĘP

Spadek opłacalności tradycyjnej produkcji rolniczej, a także zmniejszanie się bioróżnorodności roślin wymusza poszukiwanie nowych, alternatywnych gatunków roślin, które mogłyby przynosić wymierne korzyści dla gospodarstw rolnych. Do gatunków, które mogłyby być wykorzystane do takich celów można zaliczyć batat (*Ipomoea batatas* L. [Lam.]). Badania nad tym gatunkiem w Polsce mogą przyczynić się do uświadomienia konsumentom jego zalet, a tym samym zwiększyć dochód rolników. Batat, o dobrych walorach konsumpcyjnych i technologicznych, może

stanowiąc dla regionów typowo rolniczych, a zwłaszcza południowo-wschodniej części Polski, gdzie rolnictwo cechuje się dużym rozdrobnieniem agrarnym oraz niską towarowością produkcji rolnej, dodatkowe źródło dochodu dla powstających gospodarstw agroturystycznych (3). Bulwy batata mogą stanowić również atrakcyjny towar eksportowy, zwłaszcza dla krajów wschodniej Europy. Batat jest rośliną mało znaną w Polsce, ale może przyczynić się do urozmaicenia diety ludzi. Stąd też celem pracy było określenie efektywności ekonomicznej technologii produkcji batata, zróżnicowanych pod względem zastosowanego materiału osłonowego, odmian i gęstości sadzenia, w warunkach południowo-wschodniej Polski.

METODYKA

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2004–2006 w Żyznowie (woj. podkarpackie), na glebie wytworzonej z osadów fliszowych, o składzie mechanicznym gliny średniej pylastej, klasy bonitacyjnej IVb, kompleksu pszennego wadliwego, o lekko kwaśnym odczynie. Założono je metodą losowanych podbloków w układzie zależnym, w 3 powtórzeniach. Czynnikiem I rzędu były technologie uprawy: a) bez osłon (tradycyjna) – jako obiekt kontrolny, b) technologia z zastosowaniem osłon z folii polietylenowej, c) technologia z użyciem włókniny polipropylenowej, jako okrywy. Czynnikiem II rzędu stanowiły 3 odmiany batata (Carmen Rubin, Goldstar i White Triumph). Czynnikiem III rzędu były gęstości sadzenia, co: 30, 40 i 50 cm w rzędzie, zaś odległość między rzędami wynosiła 75 cm. Nawożenie organiczne stosowano jesienią, w formie obornika, w ilości 25 t·ha⁻¹. Wiosną pole bronowano, następnie przed sadzeniem wysiewano nawozy mineralne w ilości: 80 kg N – w formie mocznika 46%, 34,9 kg P – w formie superfosfatu granulowanego 19%, 99,6 kg K·ha⁻¹ – w formie soli potasowej 60%. W ocenie ekonomicznej efektywności produkcji uwzględniono średnie plony z lat 2004–2006. Nakłady i koszty produkcji obejmowały zabiegi agrotechniczne i czynności wykonywane w okresie wegetacji, począwszy od uprawek przeprowadzanych po zbiorze przedplonu, a skończywszy na zbiorze i przygotowaniu do handlu bulw batata. Wielkości nakładów na środki produkcji ustalono na podstawie faktycznego zużycia nawozów, sadzonek batata, materiałów (folia, włóknina) w poszczególnych kombinacjach doświadczenia, w odniesieniu do powierzchni 1 ha. Nakłady robocizny i siły pociągowej oraz zużycie paliwa ustalono metodą modelową na podstawie normatywów, uwzględniając zabiegi i czynności wykonywane w poszczególnych wariantach technologii uprawy różniących się doбором odmiany batata i gęstością jego sadzenia (2). Koszty środków produkcji (nawozy, osłony) obliczono wg cen z 2008 roku, ustalonych na podstawie notowań i materiałów informacyjnych publikowanych przez Ośrodki Doradztwa Rolniczego (10). Koszt obornika z zakupu uwzględniono w 50% przyjmując, że w takim stopniu jest wykorzystywany w roku zastosowania, natomiast koszty materiałów przyjęto w proporcji do okresu ich użytkowania: folia polietylenowa, perforowana na 3 lata – 33%, włóknina polipropylenowa – na 5 lat – 20% ceny za-

kupu. Koszt produkcji sadzonki batata ustalono 0,5 zł za sztukę. Koszty robocizny wyceniono przy zastosowaniu parytetowej opłaty, ustalonej na podstawie średniej płacy w gospodarce narodowej, zgodnie z metodyką IERiGŻ, w wysokości 12 zł za 1 godzinę pracy (8). Koszt eksploatacji ciągnika, maszyn i narzędzi rolniczych obliczono korzystając z cennika oraz wskaźników eksploatacyjno-ekonomicznych maszyn i ciągników rolniczych, przyjmując 15-letni okres ich użytkowania (1, 4).

Wartość produkcji (plonów bulw: handlowego i ubocznego) obliczono po przyjęciu, że cena bulw handlowych stanowi 50% ceny hurtowej bulw batata, pochodzących z importu. Średnio cena batata w hurcie wynosiła około 10 zł za 1 kg bulw, stąd w obliczeniach uwzględniono cenę bulw handlowych i 0,50 zł za kg bulw plonu ubocznego.

W rachunku ekonomicznym uwzględniono koszty bezpośrednie, do których zaliczono koszty nawozów, sadzonek, materiałów (folia polietylenowa, włóknina polipropylenowa), paliwa i smarów, siły roboczej oraz koszty eksploatacji maszyn i narzędzi rolniczych. Przy takim ujęciu kosztów obliczono kategorię wynikową zwaną nadwyżką bezpośrednią, stanowiącą różnicę między wartością produkcji (W) a bezpośrednimi kosztami produkcji (K); (2, 8). Relacja tych wartości ($W/K \cdot 100$) stanowi wskaźnik opłacalności bezpośredniej. Natomiast obliczona efektywność krańcowa produkcji wyraża stosunek przyrostu wartości produkcji (ΔW) do przyrostu kosztów produkcji (ΔK).

WYNIKI

Najefektywniejszą technologią uprawy, z uwagi na wielkość plonu ogólnego i ubocznego, okazała się uprawa pod perforowaną folią polietylenową (tab. 1). Plon handlowy nie zależał istotnie od zastosowanych technologii uprawy.

Największy plon ogólny, handlowy i uboczny bulw batata wytworzyła odmiana Carmen Rubin, najniższy zaś – odmiana White Triumph. Najwyższy plon ogólny zanotowano przy gęstości sadzenia co 40 cm, zaś handlowy – co 50 cm w rzędzie, przy czym różnica w plonie, tak ogólnym, jak i handlowym, między tymi gęstościami okazała się nieistotna (tab. 1).

Udział bulw handlowych w ogólnym plonie bulw był wysoki i wynosił przeciętnie 77,1%. Największy udział bulw tego kalibrażu uzyskano w uprawie tradycyjnej, zaś najniższy – w technologii z zastosowaniem folii polietylenowej perforowanej. Wyniki z uprawy pod włókniną polipropylenową nie różniły się istotnie pod tym względem od obiektu kontrolnego. Największy udział bulw handlowych wytworzyła odmiana Carmen Rubin, istotnie mniejszy – Goldstar, i najmniejszy – White Triumph. Gęstość sadzenia roślin ani warunki meteorologiczne w latach badań nie wpłynęły istotnie na udział bulw handlowych w plonie batata, aczkolwiek obserwowano tendencję do tworzenia większej ilości bulw frakcji handlowej w wilgotnym i ciepłym 2005 roku niż w bardzo wilgotnym 2004 roku (tab. 1).

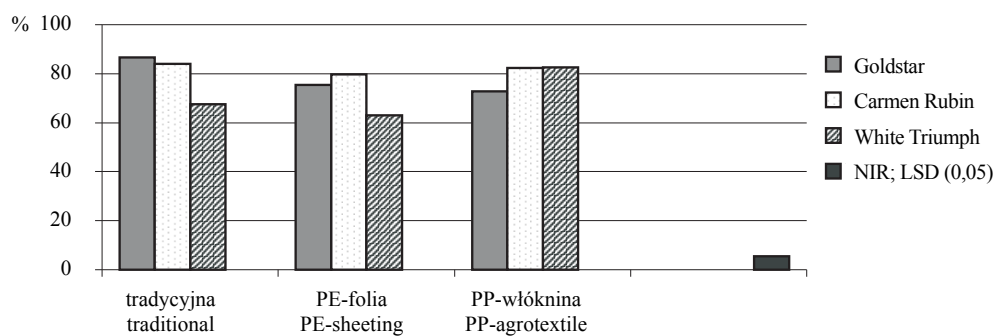
Tabela 1

Plon ogólny, udział i plon bulw handlowych oraz plon uboczny bulw batata
Total yield, share of commercial tubers, their yield and by-product yield of sweet potato tubers

Czynniki eksperymentu Experimental factors	Plon ogólny Total yield (t·ha ⁻¹)	Udział bulw handlowych Share of commercial tubers (%)	Plon handlowy Commercial yield (t·ha ⁻¹)	Plon uboczny By-product yield (t·ha ⁻¹)
I. Technologia uprawy Technology of tillage				
A. tradycyjna; traditional	28,7	79,4	23,6	5,1
B. PE-folia; PE-sheeting	33,8	72,7	25,5	8,3
C. PP-włóknina; PP-agrotexile	31,0	79,2	25,1	5,9
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	2,0	2,4	r.n.	0,3
II. Odmiana; Cultivar				
1. Goldstar	25,5	78,2	19,8	5,7
2. Carmen Rubin	49,8	82,0	41,4	8,4
3. White Triumph	18,3	71,1	12,9	5,4
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	2,0	2,4	2,0	0,3
III. Gęstość sadzenia Density of planting				
a) 30 x 75 cm	28,7	77,7	22,6	6,1
b) 40 x 75 cm	32,7	75,9	25,2	7,5
c) 50 x 75 cm	32,2	77,7	26,3	5,9
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	2,0	r.n.	2,0	0,3
Lata; Years				
2004	23,5	76,1	17,9	5,6
2005	32,8	78,6	26,2	6,6
2006	37,3	76,7	30,1	7,2
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	2,0	r.n.	2,0	0,3
Średnia; Mean	31,2	77,1	24,7	6,5

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

Źródło: wyniki badań własnych; The source: the results of own investigations



Rys. 1. Wpływ właściwości odmianowych i technologii uprawy na udział bulw handlowych w plonie
Influence of varietal characteristics and cultivation technology on the share of commercial tubers in the yield

Reakcja odmian na technologię uprawy okazała się zróżnicowana. Odmiana White Triumph wykazała największy udział bulw handlowych w plonie w przypadku uprawy z zastosowaniem włókniny polipropylenowej, w pozostałych obiektach uprawowych wyniki nie różniły się istotnie. Odmiana Goldstar największy udział bulw handlowych uzyskała w technologii tradycyjnej, bez osłon, zaś najniższy – w uprawie z zastosowaniem włókniny polipropylenowej, przy czym wskaźnik ten w technologii z folią polietylenową i włókniną polipropylenową nie różnił się istotnie. W przypadku odmiany Carmen Rubin technologia uprawy nie wywarła istotnego wpływu na udział bulw handlowych w plonie ogółem (rys. 1).

Wartość plonów jest pochodną ich wielkości i jakości. Wielkość plonu ogólnego wywierała duży wpływ na nakłady robocizny, a jego wielkość i struktura, tj. udział plonu handlowego i ubocznego, kształtowała wartość produkcji (tab. 1, 2). Łączna wartość plonów, podobnie jak i ich wielkość, zależała od badanych czynników. Najbardziej ten wskaźnik był kształtowany przez odmianę batata, a w mniejszym stopniu przez gęstość sadzenia i technologię uprawy. Największą łączną wartość plonu handlowego i ubocznego, dzięki dużej wydajności, pozwalała uzyskać odmiana Carmen Rubin. Najniższą wartość miał plon odmiany White Triumph. Uprawa batata pod osłonami wyróżniała się wyższą wartością produkcji od osiąganą w warunkach uprawy tradycyjnej. Ponadto stwierdzono, że w miarę zmniejszania gęstości sadzenia następował wzrost wielkości i wartości plonów bulw (tab. 1, 2). Bezpośrednie koszty produkcji były najbardziej kształtowane przez gęstość sadzenia (tab. 2).

W warunkach uprawy z największą gęstością sadzenia (30 x 75 cm) ponoszono również największe bezpośrednie koszty produkcji, głównie z powodu dużego udziału w kosztach sadzonek batata, mimo nieco niższych nakładów pracy ręcznej. Przy najmniejszej obsadzie roślin (50 x 75 cm), koszty produkcji były najmniejsze. Stosowanie okryw w uprawie batata, zwłaszcza folii polietylenowej, wpływało na zwiększenie kosztów produkcji w porównaniu z kosztami ponoszonymi przy stosowaniu technologii tradycyjnej (tab. 2).

Badane czynniki wywierały również wyraźny wpływ na wartość nadwyżki bezpośredniej (tab. 2). Największą nadwyżkę wartości produkcji (plonów) nad kosztami bezpośrednimi osiągnano w przypadku uprawy odmiany Carmen Rubin, a najmniejszą, gdy uprawiano odmianę White Triumph. Natomiast zmniejszanie gęstości sadzenia wpływało korzystnie na wielkość nadwyżki bezpośredniej. W warunkach uprawy batata z zastosowaniem osłon osiągnano większą nadwyżkę wartości produkcji nad kosztami bezpośrednimi niż w technologii tradycyjnej. W tym przypadku rodzaj osłony nie miał większego znaczenia – nadwyżka kształtowała się na podobnym poziomie.

Najkorzystniejsze efekty ekonomiczne, wyrażone wskaźnikiem opłacalności bezpośredniej, były możliwe do uzyskania przy uprawie odmiany Carmen Rubin, a zdecydowanie najgorsze, gdy uprawiano odmianę White Triumph (tab. 3). Z porównywanych gęstości sadzenia najlepsza okazała się 50 x 75 cm, dająca jed-

Tabela 2

Nakłady pracy i wartość plonu handlowego oraz koszty i efekty ekonomiczne produkcji batata
Labour inputs and value of commercial yield, costs and the economic effects of the sweet potato production

Czynniki eksperymentu Experimental factors	Nakłady pracy Labour inputs		Bezpośrednie koszty produkcji Direct costs of production (zł·ha ⁻¹)	Nadwyżka bezpśrednia Gross margin (zł·ha ⁻¹)	Wskaźnik opłacalności bezpśredniej The index of direct profitability (%)	Wartość plonu handlowego Value of commercial yield (zł·ha ⁻¹)
	rbh·ha ⁻¹	cnh·ha ⁻¹				
I. Technologia uprawy Technology of tillage:						
A. tradycyjna; traditional	254	37	23705	96910	509	118050
B. PE-folia; PE-sheeting	324	37	27825	103835	473	127500
C. PP-włóknina; PP-agrotextile	300	37	24801	103469	517	125300
II. Odmiany; Cultivars:						
1. Goldstar	266	37	25025	76805	407	99000
2. Carmen Rubin	402	39	26951	184384	784	207150
3. White Triumph	213	36	24355	43025	277	64700
III. Gęstości sadzenia; Plant density:						
a) 30 x 75 cm	281	37	30099	85911	385	112950
b) 40 x 75 cm	297	37	24764	105186	525	126250
c) 50 x 75 cm	299	37	21468	113162	627	131700
Średnia; Mean	292	37	25444	101436	499	123650

Źródło: wyniki badań własnych; the source: the results of own investigations

Tabela 3

Warianty uprawy batata o skrajnie zróżnicowanych efektach ekonomicznych
Economic effects of different sweet potato cultivation variants

Technologia uprawy* Technology of cultivation	Wariant Variant	Nakłady pracy Labour inputs		Wartość plonów The value of yields (zł·ha ⁻¹)	Bezpośrednie koszty produkcji Direct costs of production (zł·ha ⁻¹)	Nadwyżka bezpośrednia Gross margin (zł·ha ⁻¹)	Wskaźnik opłacalności bezpośredniej The index of direct profitability (%)
		rbh·ha ⁻¹	cnh·ha ⁻¹				
A	2 c	412	39	231315	21885	209430	1057
	3 c	156	36	45890	18294	27596	251
B	2 c	510	40	283770	26281	257489	1080
	3 c	225	36	52860	22387	30473	236
C	2 c	465	39	262645	23000	239645	1142
	3 c	235	36	82515	28728	53787	287

* oznaczenia jak w tabeli 1; the sign as in the table 1

Tabela 4

Efektywność krańcowa technologii uprawy batata
The extreme efficiency of sweet potato cultivation

Technologia uprawy Technology of cultivation	Plon ogólny Total yield* (dt ha ⁻¹)	Plon bulw Yield of tubers		Wartość przyrostu plonu* The value of the yield increase (zł ha ⁻¹)	Przyrost kosztów bezpośrednich The increase of direct costs (zł ha ⁻¹)	Efektywność krańcowa Extreme efficiency (zł zł ⁻¹)
		handlowy commercial	uboczny side			
A. tradycyjna; traditional	287,4	236,1	51,3	-	-	-
B. PE-folia; PE-sheeting	338,2	255,0	83,2	11045	4120	2,68
C. PP-włóknina; PP- agrotex tile	310,0	250,6	59,4	7655	1099	6,97

* łącznie plon handlowy i uboczny; together the trade and side yield

nocześniej najmniejszą obsadę roślin na jednostce powierzchni. Należy stwierdzić, że zmniejszanie obsady roślin wpływało korzystnie na wskaźnik opłacalności produkcji. Spośród technologii uprawy nieco lepsza od tradycyjnej była technologia z użyciem włókniny polipropylenowej. Ze stosowanych osłon większym kosztem cechowała się folia polietylenowa, perforowana, stąd też osiągnano niższy wskaźnik opłacalności.

W tabeli 3 przedstawiono warianty uprawy batata, które dawały skrajnie różne efekty ekonomiczne. Dane te charakteryzują współdziałanie badanych czynników w zakresie wpływu na opłacalność produkcji batata. We wszystkich technologiach najkorzystniejszym wskaźnikiem opłacalności wyróżniał się wariant uprawy z odmianą Carmen Rubin, sadzoną w najmniejszym zagęszczeniu (50 x 75 cm). Najmniejszą opłacalnością produkcji w technologii tradycyjnej i ze stosowaniem osłony z folii polietylenowej cechowała się natomiast uprawa odmiany White Triumph przy najmniejszej obsadzie roślin, a w technologii z użyciem włókniny polipropylenowej – również ta sama odmiana, ale w warunkach największej gęstości sadzenia.

Analiza marginalna, oparta na relacji przyrostów wartości plonów do przyrostów kosztów bezpośrednich produkcji, pozwala wskazać na warianty uprawy batata, w których zwiększanie nakładów było opłacalne ekonomicznie. Granice opłacalności produkcji wyznacza równowaga między kosztami krańcowymi i krańcowym kosztem przyrostu wartości produkcji (plonu). W obliczeniach za punkt odniesienia przyjęto wyniki uzyskane w tradycyjnej technologii (bez osłon). Rachunek marginalny wykazał, że stosowanie osłon z folii polietylenowej i włókniny polipropylenowej było uzasadnione ekonomicznie (tab. 4). Szczególnie korzystny składnik efektywności krańcowej uzyskano w przypadku stosowania technologii uprawy z użyciem włókniny polipropylenowej (tab. 4). Należy zaznaczyć, że kalkulacje przeprowadzono przyjmując wyniki doświadczeń, a w warunkach produkcyjnych plon i wartość produkcji mogą być niższe.

Reasumując należy stwierdzić, że na wielkość poszczególnych wskaźników ekonomicznych największy wpływ wywierała odmiana batata, zaś w mniejszym stopniu oddziaływała na nie technologia uprawy i gęstość sadzenia. Najkorzystniejszym ekonomicznie wariantem okazała się uprawa odmiany Carmen Rubin przy najmniejszej obsadzie roślin (50 x 75 cm).

DYSKUSJA

Wyniki oceny ekonomicznej wskazują, że czynnikiem decydującym w dużym stopniu o opłacalności produkcji batata jest dobór odmiany. W mniejszym stopniu na wskaźniki ekonomiczne oddziaływała technologia uprawy i gęstość sadzenia batata. Stosowanie osłon okazało się uzasadnione ekonomicznie, szczególnie włókniny polipropylenowej, natomiast zmniejszenie gęstości sadzenia wpływało korzystnie na opłacalność produkcji batata. Podobną reakcję na stosowanie osłon i dobór odmiany

stwierdzono w badaniach nad technologią produkcji wczesnego ziemniaka jadalnego (5-7). Jednak przy założonej cenie zbytu batata ($5 \text{ zł} \cdot \text{kg}^{-1}$) opłacalność jego produkcji jest znacznie wyższa niż wczesnego ziemniaka jadalnego. Ze względu na podobną technologię uprawy i wartości odżywcze batat można zaliczyć do grupy roślin okopowych – w warunkach upowszechniania uprawy polowej, bądź do warzyw – w przypadku uprawy na małą skalę (przy ograniczonym popycie). Doskonalenie technologii uprawy batata należy uznać za jeden z podstawowych warunków kształtujących opłacalność produkcji tej rośliny.

WNIOSKI

1. Efekt ekonomiczny produkcji batata różnicowały wszystkie czynniki eksperymentu; przy czym najkorzystniejsze wskaźniki ekonomicznie uzyskano w uprawie odmiany Carmen Rubin w warunkach małej gęstości sadzenia ($50 \times 75 \text{ cm}$).
2. Opłacalność produkcji zwiększało stosowanie osłon, zwłaszcza włókniny polipropylenowej.
3. Opłacalność produkcji była najmniejsza w przypadku uprawy odmiany White Triumph, zależna była również od gęstości sadzenia i technologii uprawy.
4. Polowa uprawa batata w regionie południowo-wschodniej Polski daje szansę na wprowadzenie nowego, alternatywnego gatunku zapewniającego większą wartość energetyczną niż ziemniak, a jednocześnie stanowiącego ciekawą roślinę dla gospodarstw agroturystycznych. Batat może w przyszłości kształtować produkcję ogrodniczą i zapewnić podstawę surowcową dla przemysłu przetwórczego w tym regionie.

LITERATURA

1. Gromadzki J.: Katalog – cennik ciągników i maszyn rolniczych. Wyd. PIMR Poznań, 2008.
2. Harasim A., Pszczółkowski P., Sawicka B.: Możliwość kształtowania efektywności produkcji wczesnego ziemniaka jadalnego poprzez doskonalenie agrotechniki. Ann. UMCS, 2004, **E-59(1)**: 241-249.
3. Krochmal-Marczak B., Sawicka B.: Ocena możliwości introdukcji *Ipomoea batatas* L. (Lam.), jako rośliny alternatywnej dla gospodarstw Podkarpacia. Mat. Konf. Nauk. nt.: Współczesne uwarunkowania organizacji produkcji w gospodarstwach rolniczych. Puławy, 12-13 czerwiec, 2007, 39-40.
4. Muzalewski A.: Koszty eksploatacji maszyn. Wyd. IBMER, Warszawa, 2008.
5. Pszczółkowski P., Sawicka B.: Jakość bulw bardzo wczesnych odmian ziemniaka uprawianych pod agrowłókniną. Proceedings of the VIII Scientific Horticulture Plant Breeding Symposium, Horticulture Plant Breeding to start with XXI century. Lublin, 04-05.02.1999, 31-34.
6. Pszczółkowski P., Sawicka B.: Stosowanie osłon i różnych sposobów pielęgnacji w uprawie wczesnych odmian ziemniaka w aspekcie zdrowotności roślin. Zesz. Nauk. AR Poznań, 1998, **307**: 191-197.
7. Pszczółkowski P., Harasim A., Sawicka B.: Efektywność ekonomiczna technologii uprawy wczesnych odmian ziemniaka pod osłonami. Rocz. Nauk Rol., 2000/2001, **G-89(1)**: 89-99.

8. Skarżyńska A., Augustyńska-Grzymek I.: Koszty jednostkowe i dochodowość produkcji rolniczej w gospodarstwach indywidualnych w 2001 roku. Zag. Ekon. Rol., 2002, **4-5**: 107-169.
9. Wadas W.: Efektywność ekonomiczna produkcji ziemniaka wczesnego pod osłonami z agrowłókniny. Pam. Puł., 2003, **133**: 207-214.
10. Wilkin J., Nurzyńska J. (red.): Praca zbiorowa. Rynek Rolny (analizy, tendencje, oceny). Wyd. IERiGŻ-PIB, Warszawa, 2008.

THE ECONOMIC EFFICIENCY OF *IPOMOEA BATATAS* [L.] LAM. CULTIVATION UNDER PROTECTION IN CONDITIONS OF THE SOUTH-EASTERN POLAND

Summary

The aim of the study was evaluation of economic efficiency of a sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam.) cultivation using different covers, diversified plant density and different varieties. The experiment was conducted in 2004–2006 in Żywnów (Podkarpackie voivodeship). It was drawn by subblocks in three repetitions. The first experimental factor was cultivation technology: conventional technology – as a control object, PE-sheeting, PP-agrotexile, as a cover; the second factor was a sweet potato cultivar: Carmen Rubin, Goldstar and White Triumph. The third factor was the plant density: each 30, 40 and 50 cm in a row, but the distance between the rows was 75 cm. The economic effects of production were differentiated, with the best results obtained for the cultivar Carmen Rubin, in conditions of low-density planting (50 x 75 cm). Use of guards, especially polypropylene cover increased profitability of production. The worst economic results were noted for White Triumph cultivar, what also depended on the plant density and type of technology.

Praca wpłynęła do Redakcji 1 X 2009 r.

AGNIESZKA LASZCZAK-DAWID, DOLORES CIEPIELEWSKA,
AGNIESZKA KOSEWSKA

Katedra Fitopatologii i Entomologii
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

ROZWÓJ POPULACJI TROJSZYKA ULCA *TRIBOLIUM CONFUSUM* (DUV.)
NA ZIARNIE WYBRANYCH ODMIAN PSZENICY
O ZRÓŻNICOWANEJ WIELKOŚCI

Development of a population of confused flour beetle *Tribolium confusum* (Duv.)
on wheat grain different in size

ABSTRAKT: Trojszyk ulec (*Tribolium confusum* Duv.) jest jednym z dokładniej poznanych owadów, jednakże mimo istnienia wielu metod zwalczania, szkodnik ten wciąż stanowi duże zagrożenie dla przechowywanego ziarna pszenicy i produktów jego przemiału. Badania miały na celu określenie zależności pomiędzy wielkością ziarniaków wybranych odmian pszenicy a przeżywalnością oraz długością życia trojszyka ulca.

Badania prowadzono w warunkach laboratoryjnych na ziarnie sześciu odmian pszenicy: Zyta, Korweta, Sakwa, Jasna, Helia i Broma, posortowanych na sześć frakcji pod względem wielkości ziarniaków.

Uzyskane wyniki wskazują na różnice w zachowaniu się osobników badanego gatunku w poszczególnych frakcjach. Na przeżywalność trojszyka ulca wysoce istotny wpływ mają: wielkość ziaren, odmiana, a także współdziałanie wymienionych czynników. Ponadto przeżywalność owadów jest ujemnie skorelowana z wielkością ziarniaków: wraz ze zwiększaniem się ziarniaków pszenicy w kolejnych frakcjach stopniowo maleje ich przeżywalność. Dostępność oraz jakość pobieranego pokarmu decydująco wpływa zarówno na długość, jak i na tempo rozwoju szkodników. Zwiększające się w kolejnych frakcjach rozmiary ziarniaków powodują wydłużanie się cyklu rozwojowego trojszyków.

słowa kluczowe – key words:

Tribolium confusum, rozwój – *development*, odmiany pszenicy – *wheat cultivar*, wielkość ziarniaków – size of kernels

WSTĘP

Ziarno zbóż, a w szczególności pszenicy (*Triticum aestivum* spp. *vulgare*), jest podstawowym surowcem w produkcji żywności, charakteryzującym się m.in. możliwością stosunkowo długiego przechowywania (4). Niestety, podczas magazynowania ziarno narażone jest na porażenie przez szkodniki magazynowe.

Do grupy najgroźniejszych szkodników przechowywanego ziarna zbóż zaliczany jest trojszyk ulec (*Tribolium confusum* Duv.), którego podstawowym siedliskiem jest materiał rozdrobniony, jak mąka i jej przetwory, lub uszkodzony przez szkodniki pierwotne (8). Gatunek ten spotyka się w paszach i wielu innych produktach spożywczych o dużej zawartości skrobi (10), rzadziej natomiast występuje na całych ziarniakach, gdzie atakuje zarodek i jego okolice (2). Mąka opanowana przez trojszyki przybiera bladofioletową barwę oraz wydziela intensywny, nieprzyjemny zapach, pochodzący od benzochinonów – substancji kancerogennych (6, 12, 13). Ogromne straty powodowane żerowaniem omawianego gatunku i zagrożenia dla zdrowia człowieka, wynikające ze spożywania porażonych produktów, sygnalizują konieczność badania tego problemu. Niedoskonałość obecnie wykorzystywanych metod zwalczania szkodników magazynowych skłania do ciągłego poszukiwania nowych sposobów, uwzględniających ochronę środowiska naturalnego.

Prezentowane badania miały na celu określenie zależności pomiędzy wielkością ziarniaków wybranych odmian pszenicy a przeżywalnością oraz długością życia trojszyka ulca.

MATERIAŁ I METODY

Wykonano cztery serie badań, w których użyto ziarna sześciu odmian pszenicy: Zyta, Korweta, Sakwa, Jasna, Helia i Broma, posortowane na sześć frakcji wydzielonych przy użyciu śrutownika oraz sit Vogla o wymiarach otworów: **Fr.1** – ziarna rozdrobnione (próba kontrolna), **Fr.2** < 2,2 mm x 25 mm, 2,2 mm x 25 mm ≤ **Fr.3** < 2,5 mm x 25 mm, 2,5 mm x 25 mm ≤ **Fr.4** < 2,8 mm x 25 mm, **Fr.5** ≥ 2,8 mm x 25 mm, **Fr.6** – ziarno dobrane losowo. Każdą z kombinacji przeprowadzono w pięciu powtórzeniach dla wszystkich badanych odmian.

Doświadczenie przeprowadzono w komorze hodowlanej, w stałej temperaturze 30°C i wilgotności względnej powietrza 75%. Na płytkach Petriego o średnicy 6 cm, zawierających 1 gram badanego materiału umieszczano pojedynczo jednodniowe larwy, codziennie monitorując ich rozwój.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej, stosując przekształcenie kątowe wg Freemana-Tukeya. W dalszej kolejności wykonano analizę wariancji. Ocena różnic pomiędzy danymi przeprowadzona została testem t Duncana na wartościach przetransformowanych. Oznaczenia grup jednorodnych przeniesiono do wartości średnich rzeczywistych badanych cech. Wykonano także analizę zależności dla przeżywalności przedimaginalnych stadiów rozwojowych trojszyka ulca względem wielkości ziarniaków wydzielonych frakcji, pomijając Fr.6, ze względu na jej niejednorodny charakter. Następnie wyliczono współczynnik korelacji badanego związku.

Porównując długość rozwoju osobników trojszyka ulca, utworzono klasy obustronnie zamknięte (granice klasy zaliczane do danej klasy). Wyznaczono: wartość średnią, wartość modalną i współczynnik modalny.

WYNIKI I DYSKUSJA

W przeprowadzonym doświadczeniu dotyczącym rozwoju trojszyka ulca w warunkach stopniowo ograniczającej się dostępności pokarmu odnotowano 46,11% przeżywalność osobników. Wartości otrzymane w kolejnych seriach badań były zbliżone i oscylowały pomiędzy 40% a 51%.

Odnotowano znaczne różnice w zachowaniu się osobników badanego gatunku w poszczególnych frakcjach ziarna, co potwierdziły obliczenia statystyczne. Analiza wariancji wykazała, że na przeżywalność trojszyka ulca wysoce istotny wpływ ma wielkość ziaren (frakcja) – czynnik powodujący największą zmienność. Istotny okazał się też czynnik odmianowy oraz współdziałanie obu czynników (tab. 1), co wskazuje na modyfikujące oddziaływanie cech odmianowych na przeżywalność trojszyka ulca w poszczególnych frakcjach ziarna. Duża liczba grup jednorodnych, wydzielonych za pomocą testu *t* Duncana, świadczyła o występujących różnicach w kształtowaniu się przeżywalności trojszyka ulca w warunkach oddziaływania analizowanych cech (tab. 2).

Przeżywalność owadów jest ujemnie skorelowana z wielkością ziarniaków: wraz ze zwiększaniem się rozmiarów ziarniaków pszenicy w kolejnych frakcjach stopniowo maleje ich przeżywalność. Przebieg zależności pomiędzy przeżywalnością a wielkością ziarniaków, przedstawiony za pomocą równań (tab. 3), był bardzo podobny u odmian Zyta, Korweta i Sakwa, na co wskazała zbliżona wartość współczynnika regresji $b_{y/x}$. Reakcja odmiany Jasna była zbliżona, natomiast wysokość współczynnika regresji odmian – Helia i Broma odbiegały znacznie od wyżej opisanych (tab. 3, rys. 1).

100% przeżywalność trojszyka we wszystkich wykonanych seriach badań stwierdzono we frakcji Fr.1 (rys. 1). Stanowiło to ponad 36% w odniesieniu do całkowitej liczby osobników, które zakończyły cykl rozwojowy osiągając stadium imago (rys. 2). Ziarniaki tej frakcji uszkodzono mechanicznie, stwarzając dogodne warunki by-

Tabela 1

Wartość testowa *F* emp. z analizy wariancji dla przeżywalności *T. confusum*
F emp. test value from analysis of variance for survivability of *T. confusum*

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody No. of degrees of freedom	Średni kwadrat Mean square	<i>F</i> emp
Odmiana; Cultivar (A)	5	2043,77	21,53**
Frakcja; Fraction (B)	5	18089,28	190.60**
Współdziałanie (A x B) Interaction (A x B)	25	574,17	6,05**
Błąd; Error	108	94,91	-

** istotność przy $\alpha = 0,01$; significant at $\alpha = 0.01$

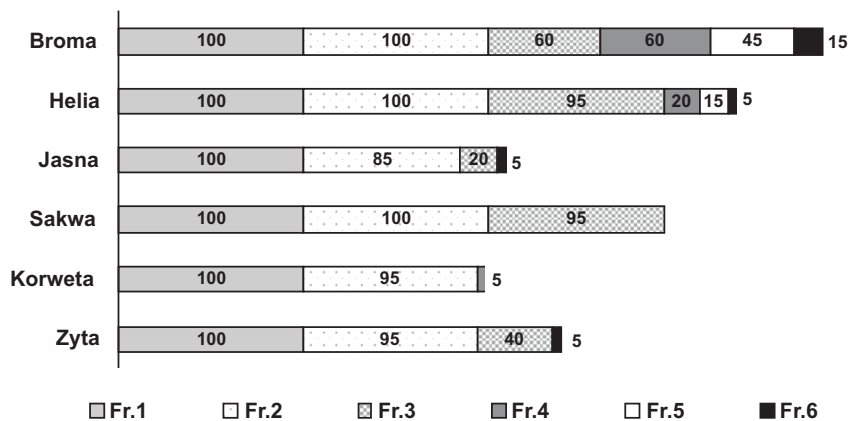
Tabela 2

Wpływ odmiany pszenicy i frakcji ziarna oraz ich współdziałania na przeżywalność *T. confusum*
 Effect of wheat cultivar and fraction as well as their interaction on survivability of *T. confusum*

Odmiany Cultivar	Zyta		Korweta		Sakwa		Jasna		Helia		Broma		Średnia z odmian Mean from cultivars	t Duncana (2)
	% ⁽¹⁾	t Dun. ⁽²⁾	% ⁽¹⁾	t Dun. ⁽²⁾	% ⁽¹⁾	t Dun. ⁽²⁾	% ⁽¹⁾	t Dun. ⁽²⁾	% ⁽¹⁾	t Dun. ⁽²⁾	% ⁽¹⁾	t Dun. ⁽²⁾		
Frakcje Fraction														
Fr.1	100	d	100	d	100	d	100	d	100	d	100	d	100,0	c
Fr.2	95	d	95	d	100	d	85	d	100	d	100	d	95,8	c
Fr.3	40	bc	0	a	95	d	20	ab	95	d	60	c	51,7	b
Fr.4	0	a	5	a	0	a	0	a	20	ab	60	c	14,2	a
Fr.5	0	a	0	a	0	a	0	a	15	ab	45	c	10,0	a
Fr.6	5	a	0	a	0	a	5	a	5	a	15	c	5,0	a
Średnia z frakcji Mean from fractions	40		33		49		35		56		63		46	
t Duncana ⁽²⁾	a		a		b		a		b		c			

1) średnia z 4 serii; % osobników, które osiągnęły pełny rozwój; mean from 4 series; % of individuals which reached full maturity

2) grupy jednorodnie t Duncana (p = 0,05); t Duncan homogenous groups (p = 0,05)



Rys. 1. Przeżywalność *T. confusum* we frakcjach badanych odmian pszenicy (%)
Survivability of *T. confusum* in fractions of analyzed wheat cultivars (%)

Tabela 3

Współczynnik korelacji i regresji dla przeżywalności *T. confusum* w badanych odmianach pszenicy
Correlation and regression coefficients for survivability of *T. confusum* on the analyzed wheat cultivars

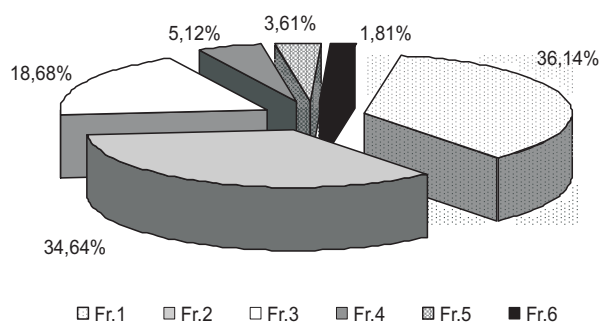
Odmiana Cultivar	r	r ² x 100%	b _{y/x}	Równanie regresji Regression equation
Zyta	-0,9449**	89,28	1,49	$\hat{y} = 6,81 - 1,49x$
Korweta	-0,8689**	75,49	1,48	$\hat{y} = 6,44 - 1,48x$
Sakwa	-0,8719**	76,02	1,50	$\hat{y} = 7,48 - 1,50x$
Jasna	-0,9179**	84,25	1,45	$\hat{y} = 6,38 - 1,45x$
Helia	-0,8744**	76,46	1,30	$\hat{y} = 7,16 - 1,30x$
Broma	-0,9423**	88,79	0,79	$\hat{y} = 5,98 - 0,79x$

r – współczynnik korelacji; correlation coefficient

r² x 100% – współczynnik determinacji; determination coefficient

b_{y/x} – współczynnik regresji; regression coefficient

** istotność przy $\alpha = 0,01$; significant at $\alpha = 0.01$



Rys. 2. Przeżywalność *T. confusum* w zależności od wielkości ziaren we frakcji
Survivability of *T. confusum* depending on the size of kernels in fractions

towe rozwijającym się larwom. Do uzyskanych wzorcowych wartości odniesiono zachowanie osobników rozwijających się na ziarnach pozostałych frakcji: Fr.2 – Fr.6 (tab. 2; rys. 1).

Porównywalnie wysoką przeżywalność badanych osobników – 95,8% (tab. 2) odnotowano we frakcji Fr.2, co pośród owadów o przebytych pełnym cyklu rozwojowym wynosiło 34,64% (rys. 2). Materiał zaliczony do tej frakcji: ziarniaki o najmniejszych wymiarach, połamane, a także drobne zanieczyszczenia, tworzył specyficzne siedlisko, charakteryzujące się dobrą dostępnością dla rozwijających się osobników. Wyniki uzyskane z frakcji Fr.1 i Fr.2 potwierdzają, że trojszyk ulec najchętniej żeruje i najlepiej rozwija się w ziarnie uszkodzonym lub rozdrobnionym.

Na ziarnach frakcji Fr.3 osobniki, które zakończyły rozwój, stanowiły 52% (tab. 2). W odniesieniu do liczebności osobników o zakończonym rozwoju w doświadczeniu było to niespełna 19% (rys. 2). Bezpośredni wpływ na otrzymaną wartość miała odmiana pszenicy, na co wskazuje odnotowana bardzo wysoka przeżywalność na odmianach Sakwa i Helia oraz bardzo niska na odmianach Korweta i Jasna (tab. 2). Badany szkodnik niechętnie żeruje na całym ziarnie, jednakże zmuszony – atakuje część zarodkową nasienia (2). W podwyższonej wilgotności, jak podaje Filipek (1), radzi on sobie znacznie lepiej, co można wytłumaczyć ułatwionym pobieraniem pokarmu przez owada, ze względu na zmniejszoną twardość ziarna. W 85% wilgotności względnej powietrza autorka odnotowała niemal dwukrotnie większe spożycie pszenicy (1,76 mg w ciągu 7 dni na 1 owada) przez dorosłe chrząszcze.

W opisywanym doświadczeniu materiał badawczy zasiedlany był przez młode larwy, które w większości powtórzeń nie potrafiły przedostać się do wnętrza dużych, dobrze wypełnionych ziarniaków frakcji Fr.4 i Fr.5. Ziarniaki wchodzące w skład tej grupy były wyrównane pod względem wielkości, a uszkodzenia mechaniczne występowały dość rzadko. W wymienionych frakcjach ziarna obserwowano niską przeżywalność trojszyków, rzędu 14 i 10% (tab. 2; rys. 1), stanowiącą odpowiednio 5,12% oraz 3,61% w strukturze całkowitej przeżywalności osobników trojszyka ulca w doświadczeniu (rys. 2). Piasecka-Kwiatkowska i in. (5) stwierdzili, że o odporności ziarna na żerowanie badanych owadów decydują przede wszystkim czynniki fizyczne ziarna, takie jak: grubość, twardość okrywy owocowo-nasiennej oraz wielkość ziarniaków. Podobnie w obecnym doświadczeniu możliwość pokonania przez młodociane stadia larwalne trojszyka bariery, jaką stanowi okrywa nasienne, była w wielu przypadkach skutecznie ograniczana.

Szczególną frakcję tworzyła próba losowa (Fr.6) o naturalnym rozkładzie granulometrycznym, gdzie stadium imago osiągnęło jedynie 5% osobników (1,81% owadów, które zakończyły rozwój). Mimo iż w omawianej frakcji dominowały ziarniaki o dużych rozmiarach, na odmianach: Zyta, Jasna i Helia pojedyncze osobniki zdołały przeżyć pełny cykl rozwojowy, natomiast odmiana Broma wykazała całkowitą podatność na porażenie trojszykiem (tab. 2, rys. 1). Próba losowa odpowiada rozkładowi granulometrycznemu ziarna pszenicy w obrocie, dlatego wyniki badań tej kombinacji mogą posłużyć jako symulacja realnego porażania przechowywanego ziarna pszenicy.

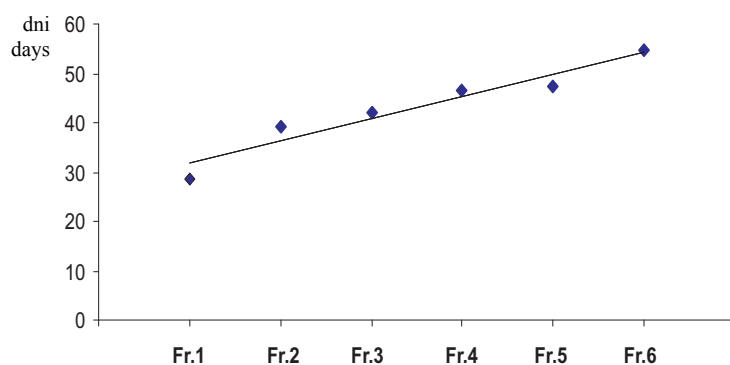
Dostępność pobieranego pokarmu decydująco wpływa także na długość, jak i na tempo rozwoju szkodników. Na ziarniakach frakcji Fr.1 trojszyki rozwijały się najkrócej, 51,7% owadów zasiedlających ziarno wszystkich badanych odmian zakończyło rozwój pomiędzy 25 a 29 dniem. W pozostałych frakcjach owady rozwijały się przeciętnie 30–34 dni (tab. 4). Wykonana analiza korelacji i regresji pomiędzy długością rozwoju trojszyka a wielkością frakcji potwierdziła, że zwiększające się w kolejnych frakcjach rozmiary ziarniaków powodują wydłużanie się cyklu rozwojowego trojszyków (rys. 3).

Podczas zasypywania komór przechowalniczych następuje segregacja ziarna według wielkości i masy właściwej, co prowadzi do spychania lżejszych ziarniaków w pobliże ścian komory (11), w miejsca najchętniej zasiedlane przez trojszyka ulca (9). Ponadto w czasie przechowywania dochodzi do deformacji i zagęszczenia ziarna, a tym samym do jego uszkodzenia (7). Ilość uszkodzonych ziaren w plonie może sięgać 70–90%, przy czym najbardziej podatne na uszkodzenia są okolice zarodka i bródki (3). W praktyce nawet znikoma ilość występujących w pryzmie uszkodzo-

Tabela 4

Długość pełnego rozwoju osobników *T. confusum* w zależności od stopnia rozdrobnienia ziarna pszenicy
Duration of full development cycle of *T. confusum* depending on the degree of fragmentation of wheat grain

Długość pełnego rozwoju (dni) Duration of development (days)	Fr.1	Fr.2	Fr.3	Fr.4	Fr.5	Fr.6	Suma z klasy Sum from class (%)
	%						
20–24	10	-	-	-	-	-	3,5
25–29	51,7	7	3,3	-	-	-	21,3
30–34	35,8	32,5	16,7	47,1	33,4	33,3	31,7
35–39	2,5	30,7	38,3	5,9	16,7	26,7	20,1
40–44	-	7,9	23,3	17,6	8,3	6,7	8,3
45–49	-	8,8	6,7	23,5	8,3	6,7	5,9
50–54	-	7,9	5	-	16,7	13,2	4,7
55–59	-	1,7	1,7	-	-	-	0,9
60–64	-	0,9	-	5,9	8,3	6,7	1,2
65–69	-	0,9	3,3	-	8,3	-	1,2
70–74	-	1,7	-	-	-	-	0,6
75...–104	-	-	1,7	-	-	6,7	0,6
Średnia ważona Weighted average	28,5	39,6	41,6	40,4	44,8	44,5	36,8
Modalna; Mode	25–29	30–35	35–40	30–35	30–35	30–35	30–35
Współczynnik modalny Modal coefficient (%)	51,7	33,5	39,3	48,1	34,4	34,3	32,7



Rys. 3. Linia regresji obrazująca przebieg zależności pomiędzy długością rozwoju *T. confusum* a wielkością ziarna

Regression curve illustrating dependences between duration of development of *T. confusum* and size of kernels in fraction

nych ziarniaków mogłaby stanowić wystarczającą bazę do zasiedlania przez trojszyka nie tylko podatnych odmian składowanej pszenicy, lecz i tych o zwiększonej odporności.

WNIOSKI

1. Przeżywalność trojszyka ulca jest ściśle skorelowana z wielkością ziarna pszenicy. Wraz ze zwiększaniem się wymiarów ziarniaków w kolejnych frakcjach maleje liczba osobników osiagających stadium imago.
2. Najbardziej podatna na porażenie trojszykiem ulcem okazała się odmiana Broma, na ziarniakach której odnotowano najwyższy procent osobników potomnych.
3. Długość oraz tempo rozwoju badanego gatunku zależy w dużej mierze od dostępności pokarmu. Wraz ze wzrostem rozmiaru ziarniaków czas rozwoju szkodnika stopniowo wydłużał się.
4. Przechowywanie ziarna pszenicy wyrównanego pod względem wielkości może przyczynić się do ograniczenia występowania *T. confusum*, a tym samym obniżenia strat przechowalniczych.

LITERATURA

1. Filipek P.: Biologia i ekologia trojszyka ulca (*Tribolium confusum* Duv.) oraz trojszyka gryzącego (*Tribolium castaneum* Herbst.), (Tenebrionidae, Coleoptera). Prac. Nauk. IOR, 1971, **XIII**(1): 25-66.
2. Gołębiowska Z., Nawrot J., Prądkyńska A.: Studia nad szkodliwością kilku gatunków chrząszczy żerujących w ziarnie zbóż. Prace Nauk. IOR, 1976, **XVIII**(2): 49-85.

3. Kusińska E.: Wpływ warunków przechowywania ziarna pszenicy na zdolność kiełkowania. Inż. Rol., 2008, **9(107)**: 165-171.
4. Kuś J.: Organizacyjne przesłanki produkcji ziarna zbóż. Pam. Puł., 1999, **114**: 201-221.
5. Piasecka-Kwiatkowska D., Gawlak M., Niewiada A., Nawrot J., Warchalewski J. R., Fornal J., Grundas S.: Wpływ chemicznych właściwości ziarna trzech odmian pszenicy na intensywność żerowania i tempo rozwoju populacji wołka zbożowego (*Sitophilus granarius* L.) Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 2005, **45(2)**: 982-985.
6. Piotrowski F.: Stawonogi, sprzymierzeńcy i wrogowie człowieka. PWN Warszawa, 1999, 30-31.
7. Szwed G., Kusińska E.: Zmiana niektórych cech geometrycznych ziarniaków pszenicy w wyniku niekorzystnych warunków przechowywania. MOTROL, Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa, 2005, **7**: 196-207.
8. Trematerra P., Sciarreta A., Tamasi E.: Behavioural response of *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum* and *Tribolium confusum* to naturally and artificially damaged durum wheat kernels. Ent. Exp. App., 2000, **94**: 195-200.
9. Tuzinkevich A. V.: Modelling of spatial-temporal dynamics of the bisexual population of *Tribolium confusum*. Ecol. Modelling, 1991, **58**: 185-198.
10. Warchalewski J. R., Gralik J., Nawrot J.: Możliwości zmniejszenia powodowanych przez szkodniki owadzie strat magazynowanego ziarna zbóż. Post. Nauk Rol., 2000, **6**: 85-96.
11. Wierzbicki K., Choszcz D.: Zagadnienia rozwarstwiania się mieszanin ziarnistych podczas magazynowania i transportu. Biul. Nauk. ART Olsztyn, 1990, **1(6)**: 135-147.
12. Yezerski A., Ciccione C., Rozitski J., Volingavage B.: The effects of naturally produced Benzoquinone on microbes Common to Flour. J. Chem. Ecol., 2007, **33**: 1217-1225.
13. Yezerski A., Gilmore T. P., Stevens L.: Genetic analysis of benzoquinone production in *Tribolium confusum*. J. Chem. Ecol., 2004, **30(5)**: 1035-1044.

DEVELOPMENT OF A POPULATION OF CONFUSED FLOUR BEETLE
TRIBOLIUM CONFUSUM (DUV.) ON WHEAT GRAIN DIFFERENT IN SIZE

Summary

Confused flour beetle (*Tribolium confusum* Duv.) belongs to one of the most thoroughly examined insects, but although there are many methods of controlling this pest, it continues to pose a large threat to stored wheat grain and ground wheat grain products. The aim of this study has been to determine the relationship between the size of kernels of some wheat cultivars and the survivability and longevity of confused flour beetle.

Tests were carried out under laboratory conditions on grain of six wheat cultivars: Zyta, Korweta, Sakwa, Jasna, Helia and Broma, divided into six fractions depending on the size of kernels.

The results indicate that there are differences in the behaviour of individuals belonging to *Tribolium confusum* Duv.) which were foraging on the different size fractions of grain. The survivability of confused flour beetle was significantly affected by: the size of kernels, wheat cultivar and interaction between these factors. Additionally, the survivability of the insects was negatively correlated with the size of kernels – as kernels in subsequent fractions were larger, the survivability of the insects decreased. The availability and quality of ingested food had a considerable influence on the duration as well as rate of development of the pest insects. The size of kernels increasing in subsequent fractions prolonged the development cycle of confused flour beetle.

Praca wpłynęła do Redakcji 30 XI 2009 r.

¹KINGA MATYSIAK, ¹SYLWIA KACZMAREK, ²PRZEMYSŁAW KARDASZ

¹Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu

²Rolniczy Zakład Doświadczalny w Winnej Górze

WPŁYW TRINEKSAPAKU ETYLU NA PLON I WYBRANE PARAMETRY JAKOŚCIOWE ZIARNA PSZENICY OZIMEJ W ZALEŻNOŚCI OD POZIOMU NAWOŻENIA AZOTEM

Influence of trinexapac-ethyl on winter wheat grain yield and some quality traits
depending on nitrogen fertilisation

ABSTRAKT: Celem badań było określenie wpływu regulatora wzrostu i rozwoju roślin – trineksapaku etylu na plonowanie i wybrane cechy jakościowe pszenicy ozimej w warunkach zróżnicowanego poziomu nawożenia azotem. Badania polowe prowadzono w latach 2001–2003, w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Winna Góra, należącym do Instytutu Ochrony Roślin w Poznaniu. Do doświadczeń wybrano odmianę Korweta. W doświadczeniach porównywano działanie dwóch dawek trineksapaku etylu, stosowanych na trzech poziomach nawożenia azotem. W badaniach stosowano kompleksową ochronę herbicydową, fungicydową i insektycydową. Analizowano wpływ czynników doświadczenia na plonowanie pszenicy ozimej oraz wybrane cechy jakościowe: zawartość białka, ilość glutenu oraz liczbę sedymentacji. Poziom nawożenia azotem był dominującym czynnikiem doświadczalnym – wraz ze wzrostem dawki azotu wzrastał plon pszenicy ozimej i wartości badanych cech jakościowych. Wpływ trineksapaku etylu na parametry jakościowe pszenicy ozimej ujawnił się tylko w jednym sezonie badawczym (2001/2002).

słowa kluczowe – key words:

regulator wzrostu i rozwoju roślin – *plant growth regulator*, nawożenie azotem – *nitrogen fertilisation*, pszenica ozima – *winter wheat*, plonowanie – *grain yield*, cechy jakościowe ziarna – *grain quality traits*

WSTĘP

Trineksapak etylu jest regulatorem wzrostu i rozwoju roślin zapobiegającym ich wyleganiu. Działanie tej substancji polega nie tylko na skracaniu roślin, ale również na zwiększaniu ich krzewienia, masy korzeniowej oraz efektywności wykorzystania wody i azotu (2). Działanie retardantów na rośliny uprawne zależy od wielu czynników, m.in. agrotechniki, warunków pogodowych i indywidualnej podatności odmianowej. Jednym z tych czynników jest nawożenie azotem (18). Spośród czynników agrotechnicznych dawka azotu ma kluczowe znaczenie dla jakości plonu, poprzez dodatni wpływ na zawartość białka, ilość glutenu i wartość wskaźnika se-

dymencyjnego (1, 5, 14). Azot podany w początkowym okresie wzrostu i rozwoju rośliny uprawnej wpływa przede wszystkim na wielkość plonu, natomiast podany po wykłoszeniu pszenicy szczególnie korzystnie oddziałuje na wyróżniki technologiczne jakości ziarna. W miarę wzrostu ilości podawanego azotu (w zakresie dawek 160–180 kg N·ha⁻¹) następuje zwiększenie plonu ziarna, zawartości białka i ilości glutenu (13).

Celem niniejszej pracy była ocena wpływu substancji trineksapak etylu na plonowanie i parametry jakościowe pszenicy ozimej w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem. Hipoteza badawcza zakładała, iż działanie trineksapaku etylu na cechy jakościowe i plon ziarna pszenicy ozimej uzależnione jest od poziomu nawożenia azotowego.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w latach 2001–2003 w Instytucie Ochrony Roślin w Poznaniu na pszenicy ozimej odmiany Korweta. Doświadczenia założono jako dwuczynnikowe, w 4 powtórzeniach. Pierwszym czynnikiem było nawożenie azotem stosowane w dawkach 0 kg N·ha⁻¹, 80 kg N·ha⁻¹ i 160 (80+80) kg N·ha⁻¹. Nawożenie azotem w ilości 80 kg N·ha⁻¹ zastosowano wiosną, tuż po ruszeniu wegetacji, natomiast drugą dawkę 80 kg N·ha⁻¹ stosowano tuż przed fazą strzelania w źdźbło (37-39 BBCH). Drugim czynnikiem doświadczalnym był regulator wzrostu i rozwoju roślin – trineksapak etylu, stosowany jako preparat Moddus 250 EC. Trineksapak etylu (TE) stosowano w dawkach 75 g s.a.·ha⁻¹ oraz 125 g s.a.·ha⁻¹. Preparat stosowano w fazie 32 BBCH pszenicy ozimej. Na każdym poziomie nawożenia azotowego (N0, N80 i N160) ustanowiono obiekty kontrolne, w których nie wykonano zabiegu badanym regulatorem wzrostu i rozwoju roślin. Powierzchnia poletka wynosiła 16,5 m². Szerokość międzyrzędzi była równa 12,5 cm. Przedplonem dla pszenicy ozimej był owies. Przed siewem nasiona pszenicy zaprawiono preparatem Raxil Gel 206, stosowanym w dawce 0,5 l/100 kg nasion. Zastosowano standardową ochronę herbicydową, fungicydową i insektycydową. W fazie rozwojowej pszenicy ozimej BBCH 12-13 wykonano zabiegi chwastobójcze herbicydem Expert Met 56 WG w dawce 0,35 kg·ha⁻¹. W fazie BBCH 31-32 stosowano fungicyd Alert 375 SC w dawce 1,0 l·ha⁻¹. Jako ochronę insektycydową w roku badawczym 2000/2001 stosowano 1 l·ha⁻¹ preparatu Alphaguard 100 EC, a w roku 2001/2002 – 0,1 l·ha⁻¹ preparatu Karate Zeon 100 CS. Obydwa insektycydy aplikowano w fazie BBCH 50-60 pszenicy ozimej. W doświadczeniach stosowano opryskiwacz plecakowy Gloria, z butlą na sprężone powietrze, o pojemności 4 litry. Przy wykonywaniu zabiegów stosowano 230 litrów wody na ha, przy ciśnieniu 3 bary. W ziarnie oznaczano: zawartość białka, ilość glutenu, liczbę sedymentacji oraz określono plon. Analizy jakościowej dokonano za pomocą analizatora InfratecTM. Dla pszenicy ozimej odmiany Korweta normy ocenianych parametrów jakościowych wynoszą: zawartość białka – 13,3%, ilość glutenu – 28,0%, wskaźnik sedymentacji – 74 ml (17). Statystyczne

opracowanie wyników oparto na analizie wariancji, istotność różnic oceniano stosując test Tukeya, poziom istotności wynosił 0,05. Pierwszy czynnik doświadczalny – nawożenie azotowe oznaczono jako A, natomiast drugi czynnik doświadczalny – dawka retardantu – jako B. Najmniejsze istotne różnice (NIR) obliczono dla interakcji BxA (NIR 0,05) – przy stałym czynniku A i zmiennym czynniku B, co umożliwia porównanie średnich dla dawki retardantu w obrębie poszczególnych poziomów nawożenia.

Warunki meteorologiczne w czasie wegetacji wiosennej pszenicy ozimej

Warunki meteorologiczne podczas wegetacji wiosennej pszenicy ozimej różniły się w zależności od roku badawczego (tab. 1). Temperatura w I dekadzie kwietnia 2002 roku (ok. 5°C) była nieco wyższa od średniej z wielolecia (3,3°C). Suma opadów wynosiła 0,5 mm. Temperatura w I dekadzie kwietnia 2003 roku wynosiła ok. 10°C i była zdecydowanie wyższa od średniej wieloletniej z tego okresu. Suma opadów była niższa od średniej wieloletniej o 6 mm. II i III dekadę kwietnia 2002 roku oraz II dekadę kwietnia 2003 roku charakteryzowały temperatury o 2–3°C niższe od wartości uzyskanych dla średniej wieloletniej. Natomiast w III dekadzie kwietnia 2003 roku temperatura przekroczyła wartość średniej wieloletniej o prawie 4°C. W 2002 roku ilość opadów w II dekadzie kwietnia przekraczała średnią wieloletnią o ok. 7 mm, natomiast II dekada kwietnia 2003 roku charakteryzowała się niewielkimi opadami na poziomie 2,4 mm (średnia wieloletnia wynosiła 10,2 mm). Pszenica ozima była wówczas w fazie krzewienia. W I i II dekadzie maja, w obu latach doświadczeń wystąpiły podobne temperatury powietrza. W 2002 roku opady z I dekady maja przekraczały wartość średniej wieloletniej, natomiast w II dekadzie maja 2002 roku zanotowano bardzo duże ilości opadów – powyżej 30 mm (średnia z wielolecia dla tego okresu wynosiła 15,2 mm). W II dekadzie maja 2003 wystąpiły opady odpowiadające średniej wieloletniej – około 15 mm. W tym okresie pszenica znajdowała się w fazie liścia flagowego. Temperatura w II dekadzie maja 2002 roku wynosiła 16,7°C i była zbliżona do średniej wieloletniej. W III dekadzie maja tego roku temperatura wynosiła 17,8°C, a opady były o około 10 mm mniejsze od średniej wieloletniej. I i III dekada maja 2003 roku były ciepłe, temperatura wynosiła odpowiednio 19°C i 22°C. II dekadę maja tego roku charakteryzowała temperatura zbliżona do średniej wieloletniej. W III dekadzie maja 2003 zanotowano znikomą ilość opadów: 1,7 mm w stosunku do średniej wieloletniej: 18,5 mm.

Średnia temperatura I i III dekady czerwca 2002 była równa średniej wieloletniej, natomiast temperatura w II dekadzie tego miesiąca była o ok. 4°C niższa w stosunku do średniej z wielu lat. W I i II dekadzie czerwca sumy opadów przekroczyły średnią z wielolecia. III dekada czerwca charakteryzowała się opadami o 14 mm mniejszymi od średniej wieloletniej. W I i III dekadzie czerwca 2003 roku średnie dekadowe temperatury przekraczały średnią wieloletnią, natomiast temperatura w II dekadzie była od niej nieco niższa. W tym miesiącu 2003 roku wystąpił niedobór opadów.

Tabela 1

Warunki meteorologiczne podczas wegetacji wiosennej pszenicy ozimej
Meteorological data during spring vegetation of winter wheat

Rok; Year	Marzec; March			Kwiecień; April			Maj; May			Czerwiec; June		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
dekady; decades												
Średnia temperatura dobową; Mean daily temperature (°C)												
Średnia wieloletnia; Long-time average	2,1	2,5	2,2	3,3	13,1	12,7	24,2	17,0	19,7	16,4	23,4	18,5
2002	4,0	4,3	3,9	5,4	10,6	11,5	18,9	16,7	17,8	16,8	19,6	18,7
2003	3,4	3,5	3,8	10,1	11,6	16,4	18,5	16,0	21,6	25,1	21,5	20,3
Suma opadów; Sum of rainfall (mm)												
Średnia wieloletnia; Long-time average	10,8	11,7	11,4	10	10,2	11,1	13,0	15,2	18,5	23,2	18,3	20,8
2002	0,4	0	0,5	0,5	17,7	5,2	18,6	32,5	8,3	35,8	29,3	6,1
2003	0,2	0,7	0,5	4,0	2,4	6,6	12,3	15,4	1,7	4,5	1,1	7,1

Najmniej opadów zanotowano w II dekadzie czerwca 1,1 mm (około 17 mm mniej niż wynosi średnia z wielolecia).

WYNIKI I DYSKUSJA

Spośród badanych czynników doświadczalnych największy wpływ na plonowanie i cechy jakościowe ziarna pszenicy ozimej miało nawożenie azotowe. Analiza wariancji wykonana dla średniej z lat badań oraz dla każdego roku badawczego osobno wykazała istnienie różnic w plonie, zawartości białka, ilości glutenu i liczbie sedimentacji w zależności od zastosowanej dawki azotu. Zarówno dla średniej z lat doświadczalnych, jak i dla sezonu badawczego 2002/2003 nie udowodniono wpływu retardantu oraz wystąpienia interakcji pomiędzy nawożeniem a retardantem. Wpływ retardantu na plon udowodniono tylko w sezonie badawczym 2001/2002. Także w tym sezonie wegetacyjnym wystąpiła interakcja pomiędzy dawką nawożenia azotowego a dawką retardantu (tab. 2, 3, 4 i 5). Przyrost plonu ziarna pszenicy ozimej po zastosowaniu nawożenia azotowego w ilości $80 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ (N 80) wynosił od 23% do 32% w zależności od roku badawczego (tab. 2). Zwiększanie nawożenia do $160 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ skutkowało zwiększeniem plonowania roślin o 45% (sezon 2001/2002) i 35% (sezon 2002/2003) w stosunku do obiektu kontrolnego. W badaniach Szemplińskiego i in. (15) nawożenie azotem w ilości $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ spowodowało podwojenie plonu w porównaniu do kontroli, ale dalsze zwiększanie nawożenia azotowego nie miało istotnego wpływu na zmiany w plonie. Nieco inne wyniki uzyskali Knapowski i Ralcewicz (12) oraz Podolska i in. (14), którzy udowodnili wzrost plonu ziarna pszenicy przy wzrastających do $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ dawkach azotu. Z kolei Dubis i Borysewicz (9) po zastosowaniu azotu w dawce $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ uzyskali 54% zwwyżkę plonu ziarna w stosunku do kontroli, zwiększenie nawożenia azotowego do $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ przyczyniło się do przyrostu plonu o kolejne 6,5%, a dalszy wzrost dawki N do $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ skutkował jeszcze 3,5% zwiększeniem wydajności.

W sezonie 2001/2002 udowodniono wpływ retardantu na plon ziarna pszenicy ozimej (tab. 2). Trineksapak etylu (TE) zastosowany w dawce $75 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ zwiększył plonowanie o ponad 6%, natomiast w dawce $125 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ o 8% w stosunku do kontroli. Tymczasem wyniki uzyskane przez Cacak-Pietrzak i in. (6) w badaniach nad stosowaniem antywylegacza i różnych dawek nawożenia azotowego nie wykazały istotnego wpływu czynników doświadczalnych na plonowanie pszenicy.

Achremowicz i in. (1) oraz Bleharczyk i in. (3) podają, że zwiększanie dawek nawożenia azotowego poprawia cechy jakościowe ziarna pszenicy, a największym zmianom pod wpływem zwiększania dawek azotu ulega zawartość białka ogółem i ilość glutenu mokrego. W badaniach własnych zawartość białka w ziarnie zwiększała się wraz ze zwiększaniem nawożenia azotowego i w rezultacie otrzymano na poziomie nawożenia N 80 o 8% białka więcej w sezonie 2002/2002 i 6% więcej w sezonie 2002/2003 (tab. 3). Przyrost zawartości białka na najwyższym poziomie nawożenia N 160 wynosił odpowiednio dla lat badawczych 21% i 13%

Tabela 2

Plon ziarna pszenicy ozimej odmiany Korweta po zastosowaniu trineksapaku etylu w zależności od poziomu nawożenia azotowego
Yield of winter wheat cv. Korweta after trinexapac-ethyl application depending on nitrogen fertilization level

Dawka N Dose N (kg·ha ⁻¹)	Preparat Treatment	Dawka Dose (g s.a.·ha ⁻¹)	Sezon wegetacyjny Trial season		Średnia z lat Average of years
			2001/2002	2002/2003	
0	kontrola; untreated	-	4,72	4,85	4,78
	trineksapak etylu	75	5,17	5,13	5,15
	trineksapak etylu	125	5,24	4,72	4,98
Średnia dla N 0; Average of N 0			5,04	4,90	4,97
80	kontrola; untreated	-	6,45	5,94	6,19
	trineksapak etylu	75	6,68	5,80	6,24
	trineksapak etylu	125	6,80	6,16	6,48
Średnia dla N 80; Average of N 80			6,64	6,00	6,30
160 (80+80)	kontrola; untreated	-	6,97	6,51	6,74
	trineksapak etylu	75	7,47	6,64	7,05
	trineksapak etylu	125	7,56	6,66	7,11
Średnia dla N 160; Average of N 160			7,33	6,60	6,00
Średnia dla dawki preparatu; Average of dose					
Kontrola; Untreated		-	6,05	5,77	5,90
trineksapak etylu		75	6,44	5,86	6,15
trineksapak etylu		125	6,53	5,85	6,19
NIR; LSD ($\alpha=0,05$) dla: for:			0,298	0,259	0,262
A			0,248	r.n.	r.n.
B			r.n.	r.n.	r.n.
B(A)			r.n.	r.n.	r.n.
A(B)			r.n.	r.n.	r.n.

r.n. – różnice nieistotne; not significant differences

A – dawka azotu; nitrogen dose B – dawka trineksapaku etylu; trinexapac-ethyl dose

w porównaniu z obiektem N 0. W badaniach Cacak-Pietrzak i in. (6) zwiększenie poziomu nawożenia azotem wpłynęło korzystnie na zawartość białka w ziarnie pszenicy, ale istotny wzrost zawartości białka (o 8%) nastąpił dopiero po zwiększeniu dawki azotu z 90 do 120 kg·ha⁻¹. Dalsze podnoszenie dawki azotu do 150 kg·ha⁻¹ w mniejszym stopniu podwyższało ogólną zawartość białka w ziarnie (o 3,8%). Knapowski i Ralcewicz (12) udowodnili, że wzrastające dawki azotu do 160 kg·ha⁻¹ powodowały średnio wzrost zawartości białka w porównaniu z zawartością uzyskaną w obiektach N 0, N 80 i N 120 odpowiednio o 28%, 16% i 8%. W badaniach Budzyńskiego i in. (4) dopiero wzrost dawki azotu do 120 kg·ha⁻¹ i 180 kg·ha⁻¹ powodował istotny wzrost zawartości białka w ziarnie pszenicy ozimej odmiany Korweta.

Tabela 3

Zawartość białka (%) w ziarnie pszenicy ozimej odmiany Korweta po zastosowaniu trineksapaku etylu w zależności od poziomu nawożenia azotowego
 Protein content (%) in winter wheat cv. Korweta after trinexapac-ethyl application depending on nitrogen fertilization level

Dawka N Dose N (kg·ha ⁻¹)	Preparat Treatment	Dawka Dose (g s.a.·ha ⁻¹)	Sezon wegetacyjny Trial season		Średnia z lat Average of years
			2001/2002	2002/2003	
0	kontrola; untreated	-	11,57	12,43	12,00
	trineksapak etylu	75	12,10	12,50	12,30
	trineksapak etylu	125	12,10	11,90	12,00
Średnia dla N0; Average of N0			11,90	12,28	12,10
80	kontrola; untreated	-	12,50	13,07	12,79
	trineksapak etylu	75	12,80	13,35	13,07
	trineksapak etylu	125	13,50	12,85	13,18
Średnia dla N80; Average of N80			12,90	13,09	13,22
160 (80+80)	kontrola; untreated	-	14,20	13,52	13,86
	trineksapak etylu	75	14,20	14,10	14,15
	trineksapak etylu	125	14,80	14,03	14,41
Średnia dla N160; Average of N160			14,40	13,88	14,14
Średnia dla dawki preparatu; Average of dose					
Kontrola; Untreated		-	12,76	13,00	12,88
Trineksapak etylu		75	13,00	13,32	13,26
Trineksapak etylu		125	13,47	12,93	13,20
NIR; LSD ($\alpha=0,05$) dla: for: A			0,145	0,345	0,347
B			0,140	r.n.	r.n.
B(A)			0,307	r.n.	r.n.
A(B)			0,374	r.n.	r.n.

r.n. – różnice nieistotne; not significant differences

W sezonie 2001/2002 uzyskano pozytywny wpływ trineksapaku etylu na zawartość białka (tab. 3). Niższa dawka preparatu (75 g·ha⁻¹) zwiększała zawartość białka o 2%, natomiast wyższa (125 g·ha⁻¹) o 6%. Drzewiecki i Pietryga (8) po zastosowaniu retardantu (Antywylegacz płynny 675 SL), uzyskali wzrost zawartości białka o 12–12,8%. Korzystne działanie na tę cechę jakościową potwierdza również Dziamba (10). Inne wyniki uzyskali Cacak-Pietrzak i in. (7). W doświadczeniach nad wpływem retardantów na zawartość białka pszenicy ozimej autorzy otrzymali statystycznie istotny spadek wartości tej cechy w odniesieniu do próby kontrolnej. W badaniach własnych dla tej cechy, w roku badawczym 2001/2002, wystąpiła dodatkowo interakcja pomiędzy czynnikami doświadczalnymi. W obiektach N 0 nie odnotowano różnic pomiędzy działaniem badanych dawek trineksapaku etylu (w obu przypadkach wzrost białka o prawie 5% w odniesieniu do kontroli), nato-

miast na poziomach nawożenia azotowego N 80 i N 160 lepsze działanie wykazała wyższa dawka badanego preparatu (wzrost zawartości białka o 4–8%).

W miarę zwiększania dawek nawożenia azotowego zwiększała się również ilość glutenu w ziarnie pszenicy (tab. 4). W roku badawczym 2001/2002 uzyskano o 11% glutenu więcej na poziomie nawożenia N 80 i o 28% glutenu więcej na poziomie nawożenia N 160 w stosunku do kontroli. W roku 2002/2003 przyrost ilości glutenu w ziarnie wynosił odpowiednio 8% i 16%. Knapowski i Ralcewicz (12) na tej samej odmianie pszenicy ozimej udowodnili, że wzrastające dawki azotu do poziomu 160 kg·ha⁻¹ powodowały wzrost wydajności glutenu w porównaniu z wartością tej cechy uzyskaną w obiektach N 0, N 80 i N 120 odpowiednio o 12,2%, 8,6% i 4,5%. Wzrost ilości glutenu w ziarnie pszenicy odmiany Korweta pod wpływem wzrastających dawek nawożenia azotowego zaobserwowali także Budzyński i in. (4).

Tabela 4

Ilość glutenu (%) w ziarnie pszenicy ozimej odmiany Korweta po zastosowaniu trineksapaku etylu w zależności od poziomu nawożenia azotowego
Gluten content (%) in winter wheat cv. Korweta after trinexapac-ethyl application depending on nitrogen fertilization level

Dawka N Dose N (kg·ha ⁻¹)	Preparat Treatment	Dawka Dose (g s.a.·ha ⁻¹)	Sezon wegetacyjny Trial season		Średnia z lat Average of years
			2001/2002	2002/2003	
0	kontrola; untreated	-	22,33	26,92	24,63
	trineksapak etylu	75	23,15	27,13	25,14
	trineksapak etylu	125	23,20	25,62	24,41
	Średnia dla N 0; Average of N 0		22,89	26,56	24,73
80	kontrola; untreated	-	24,45	28,83	26,64
	trineksapak etylu	75	25,20	29,50	27,35
	trineksapak etylu	125	26,58	28,17	27,38
	Średnia dla N 80; Average of N 80		25,41	28,83	45,13
160 (80+80)	kontrola; untreated	-	28,77	29,95	29,36
	trineksapak etylu	75	28,70	31,50	30,10
	trineksapak etylu	125	30,52	31,18	30,85
	Średnia dla N 160; Average of N 160		29,33	30,88	30,10
Średnia dla dawki preparatu; Average of dose					
Kontrola; Untreated		-	25,18	28,57	26,88
trineksapak etylu		75	25,68	29,38	27,53
trineksapak etylu		125	26,77	28,32	27,55
NIR; LSD (α=0,05) dla: for: A			0,214	1,247	0,841
B			0,157	r.n.	r.n.
B(A)			0,347	r.n.	r.n.
A(B)			0,448	r.n.	r.n.

r.n. – różnice nieistotne; not significant differences

W badaniach własnych działanie trineksapaku etylu na tę cechę zostało udowodnione tylko w roku 2001/2002, gdy otrzymano o 2% i 6% więcej glutenu po zastosowaniu retardantu odpowiednio w dawce $75 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ i o $125 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. 4). Natomiast Drzewiecki i Pietryga (8) uzyskali znacznie większe różnice – o 25–30% glutenu w ziarnie więcej z obiektów, w których stosowali retardant, niż z obiektów kontrolnych. Korzystny wpływ wyższych dawek nawożenia azotowego na ilość glutenu został również potwierdzony w badaniach m.in. Stankowskiego i in. (16).

Interakcja pomiędzy retardantem a nawożeniem azotowym wystąpiła tylko w roku 2001/2002. Działanie trineksapaku etylu na wydajność glutenu w przypadku braku nawożenia azotowego było dla obu dawek retardantu podobne. Trineksapak etylu niezależnie od zastosowanej dawki zwiększał ilość glutenu w ziarnie o około 4%. Na średnim i najwyższym poziomie nawożenia azotowego lepszym działaniem na tę cechę wykazał się trineksapak etylu zastosowany w dawce $125 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$. Odnotowano wzrost wydajności glutenu o około 9% na N 80 i o 6% na N 160 w odniesieniu do obiektów kontrolnych.

Wartości wskaźnika sedymentacji zwiększały się wraz ze wzrostem nawożenia azotowego (tab. 5). W sezonie badawczym 2001/2002 otrzymano odpowiednio o 19% wyższą wartość wskaźnika na N 80 i 46% na N 160 w porównaniu do obiektu N 0. W roku 2002/2003 wartości te wynosiły odpowiednio 10% i 36%. Pozytywny wpływ wyższych dawek nawożenia azotowego na wskaźnik sedymentacji potwierdzają także Klupczyński i Ralcewicz (11), Knapowski i Ralcewicz (12), Wróbel i Szempliński (19) oraz Podolska i in (14).

Wpływ retardantu na tę cechę został udowodniony jedynie dla sezonu 2001/2002 (tab. 5). Niższa dawka trineksapaku etylu ($75 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$) nie miała wpływu na liczbę sedymentacji pszenicy ozimej, natomiast po zastosowaniu wyższej dawki retardantu ($125 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$) wskaźnik sedymentacji zwiększał się o 8% w porównaniu z kontrolą. Natomiast Cacak-Pietrzak i in. (7) niezależnie od zastosowanej dawki retardantu uzyskali istotny spadek wartości wskaźnika sedymentacyjnego.

Interakcja pomiędzy dawką retardantu a poziomem nawożenia azotowego ujawniła się również tylko w roku badawczym 2001/2002. W warunkach braku nawożenia azotem działanie obu dawek trineksapaku etylu na wskaźnik sedymentacji było podobne. Uzyskano wzrost wartości liczby sedymentacji o 10% w obiektach z trineksapakiem etylu w dawce $125 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ i o 12% w obiektach, w których stosowano preparat w dawce $75 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$, w odniesieniu do kontroli. Na średnim poziomie nawożenia azotowego wyższa dawka preparatu charakteryzowała się nieco lepszym działaniem i w tym obiekcie otrzymano o ponad 11% wyższą wartość wskaźnika sedymentacji w porównaniu do obiektu, w którym nie stosowano retardantu. Działanie niższej dawki trineksapaku etylu nie różniło się istotnie od kontroli. Na poziomie nawożenia N 160 zaobserwowano tendencję do obniżania liczby sedymentacji pod wpływem niższej dawki preparatu ($75 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$), natomiast wyższa dawka trineksapaku etylu zwiększała wskaźnik sedymentacji o 4%.

Tabela 5

Wskaźnik sedymentacji (ml) w ziarnie pszenicy ozimej odmiany Korweta po zastosowaniu trineksapaku etylu w zależności od poziomu nawożenia azotowego
Sedimentation value (ml) in winter wheat cv. Korweta after trinexapac-ethyl application depending on nitrogen fertilization level

Dawka N Dose N (kg·ha ⁻¹)	Preparat Treatment	Dawka Dose (g s.a.·ha ⁻¹)	Sezon wegetacyjny Trial season		Średnia z lat Average of years
			2001/2002	2002/2003	
0	kontrola; untreated	-	25,30	28,40	28,15
	trineksapak etylu	75	28,33	28,94	30,58
	trineksapak etylu	125	28,00	29,12	28,93
Średnia dla N 0; Average of N 0			27,21	28,82	29,22
80	kontrola; untreated	-	31,02	31,25	32,67
	trineksapak etylu	75	31,40	31,65	33,70
	trineksapak etylu	125	34,50	32,42	34,03
Średnia dla N 80; Average of N 80			32,31	31,77	33,47
160 (80+80)	kontrola; untreated	-	39,75	38,09	38,11
	trineksapak etylu	75	38,40	39,24	37,91
	trineksapak etylu	125	41,35	39,87	39,81
Średnia dla N 160; Average of N 160			39,83	39,07	38,61
Średnia dla dawki preparatu; Average of dose					
Kontrola; Untreated		-	32,02	32,58	32,98
trineksapak etylu		75	32,71	33,28	34,06
trineksapak etylu		125	34,62	33,80	34,26
NIR; LSD ($\alpha=0,05$) dla: A			0,147	0,247	2,411
B			0,216	r.n.	r.n.
B(A)			2,417	r.n.	r.n.
A(B)			2,237	r.n.	r.n.

r.n. – różnice nieistotne; not significant differences

WNIOSKI

1. Dawka azotu miała większy wpływ na plonowanie i badane cechy jakościowe pszenicy ozimej niż regulator wzrostu i rozwoju roślin trineksapak etylu. Plon ziarna pszenicy zwiększał się wraz z kolejnymi dawkami nawożenia azotowego (0 kg N·ha⁻¹, 80 kg N·ha⁻¹, 160 kg N·ha⁻¹) każdorazowo o 30–45% w zależności od roku badawczego. Wzrastające dawki azotu od N 0 do N 160 zwiększały zawartość białka, ilość glutenu i wskaźnik sedymentacji.

2. Niezależne od nawożenia azotowego pozytywne działanie trineksapaku etylu na plon i badane parametry jakościowe ujawniło się tylko w jednym sezonie badawczym (2001/2002), co stanowi potwierdzenie tezy o silnym wpływie warunków pogodowych na działanie retardantów. W okresie wiosennym 2002 roku, przy podobnych warunkach temperaturowych, odnotowano więcej opadów niż wiosną 2003 roku.

3. Współdziałanie obu czynników doświadczalnych – dawki nawożenia azotowego i dawki retardantu wystąpiło tylko w jednym roku badawczym i tylko dla cech jakościowych pszenicy. Wzrost zawartości białka i ilości glutenu otrzymano tylko w obiektach N 80 i N 160 po zastosowaniu trineksapaku etylu w dawce $125 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$. Najwyższe wartości wskaźnika sedymentacji otrzymano po zastosowaniu $125 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ trineksapaku etylu w ramach nawożenia azotowego N 80 i N 160.

LITERATURA

1. Achremowicz B., Zajac J., Styk B.: Wpływ podwyższonego nawożenia azotem na wartość technologiczną niektórych odmian pszenicy jarej i ozimej. *Rocz. Nauk Rol.*, 1993, Ser. A, **110**: 149-157.
2. Adams R., Kerber E., Pfister K., Weler E.W.: Studies on the action of the new growth retardant CGA 163'935 (Cimectacarb). *Plant Growth Regulation. Proc. 14th Inter. Conf. on Plant Growth Substances*, 1992, 818-827.
3. Bleharczyk A., Pudełko J., Śpitalniak J.: Reakcja pszenicy ozimej na sposób uprawy roli w zależności od przedplonu i nawożenia azotowego. *Fol. Univ. Stein. Agricult.*, 1999, **74**: 163-170.
4. Budzyński W., Bielski S., Borysewicz J.: Wpływ nawożenia azotem na jakość technologiczną ziarna pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 2008, **1(97)**: 39-50.
5. Budzyński W., Borysewicz J., Bielski S.: Wpływ poziomu nawożenia azotem na plonowanie i jakość technologiczną ziarna pszenicy ozimej. *Pam. Puł.*, 2004, **135**: 33-44.
6. Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Sułek A.: Wpływ nawożenia azotem i antywylegaczy na plon i jakość ziarna pszenicy ozimej. *Pam. Puł.*, 2005, **140**: 25-33.
7. Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Leszczyńska D.: Wpływ wybranych antywylegaczy na wartość wypiekową pszenicy ozimej. *Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 2006, **46(2)**: 89-92.
8. Drzewiecki S., Pietryga J.: Wpływ preparatu Antywylegacz płynny 675 SL stosowanego łącznie z nawozami dolistnymi na wybrane parametry jakościowe ziarna pszenicy ozimej. *Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.* 2002, **42(2)**: 523-525.
9. Dubis B., Borysewicz J.: Wpływ nawożenia azotem na plon i technologiczną jakość wybranych odmian pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 2008, **1(97)**: 110-121.
10. Dziamba S.: Wpływ antywylegacza (CCC) i nawożenia na plonowanie, elementy struktury plonu oraz zawartość białka i lizyny w ziarnie pszenżyta, żyta i pszenicy. *Biul. IHAR*, 1987, **161**: 105-112.
11. Klupeczyński Z., Ralcewicz M.: Wpływ nawożenia azotem, fosforem i potasem na wartość technologiczną jakościowych odmian pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 1997, **3**: 103-110.
12. Knapowski T., Ralcewicz M.: Ocena wskaźników jakościowych ziarna i mąki pszenicy ozimej w zależności od zróżnicowanego poziomu nawożenia azotem. *Ann. UMCS. Sec. E*, 2004, **59(2)**: 959-968.
13. Kocoń. A.: Nawożenie jakościowej pszenicy jarej i ozimej a plon i jakość ziarna. *Pam. Puł.*, 2005, **139**: 55-64.
14. Podolska G., Krasowicz S., Sułek A.: Ocena ekonomiczna i jakościowa uprawy pszenicy ozimej przy różnym poziomie nawożenia azotem. *Pam. Puł.*, 2005, **139**: 175-188.
15. Szempliński W., Budzyński W., Majewska K.: The effect of the method of nitrogen fertilisation on yield and quality of bread making wheat. *Fragm. Agron.*, 1995, **2(46)**: 168-169.
16. Stankowski S., Podolska G., Pacewicz K.: Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i jakość ziarna odmian pszenicy ozimej. *Ann. UMCS, Sect. E*, 2004, **59(3)**: 1363-1369.
17. Szymczyk R. (red.): Lista opisowa odmian 2000. COBORU, 2001, 29.

18. Woźnica Z.: Wpływ Flordimexu TH na wyleganie i plony żyta przy zróżnicowanych dawkach azotu i gęstościach siewu. Rocz. Nauk Rol., Seria A, 1988, **107(3)**: 39-51.
19. Wróbel E., Szempliński W.: Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej nawożonej zróżnicowanymi dawkami azotu. Pam. Puł., 1999, **118**: 463-469

INFLUENCE OF TRINEXAPAC-ETHYL ON WINTER WHEAT GRAIN YIELD
AND SOME QUALITY TRAITS DEPENDING ON NITROGEN FERTILIZATION

Summary

The aim of his research was to determine the influence of plant growth regulator – trinexapac-ethyl on grain field and some quality parameters of winter wheat under different nitrogen fertilisation regimes. Field experiments were done in the years 2001–2003 at the Experimental Station in Winna Góra. The trials were conducted with winter wheat cultivar Korweta. In the trials, two doses of trinexapac-ethyl and three nitrogen fertilization regimes were compared. All the trials were completely protected against weeds, pests and diseases. Grain tests included grain yield, protein content, amount of gluten and sedimentation value. A dose of nitrogen fertilization was a major factor in the experiments. Grain yield and quality parameters of winter wheat increased gradually with the level of nitrogen fertilization level. The influence of trinexapac-ethyl on the tested parameters revealed only in one vegetation season.

Praca wpłynęła do Redakcji 11 II 2010 r.

JACEK NOWAK, FILIP ŻUK, MAŁGORZATA LASIK, MAŁGORZATA GUMIENNA

Zakład Fermentacji i Biosyntezy – Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego
Uniwersytet Przyrodniczy w PoznaniuWŁAŚCIWOŚCI PRZECIWUTLENIAJĄCE PIW DOMOWYCH RÓŻNYCH
TYPÓW I ODPOWIADAJĄCYCH IM PIW PRZEMYSŁOWYCH

Antioxidant properties of home made beers and industrial beers of the same type

ABSTRAKT: Porównano aktywność przeciwutleniającą piw domowych typu pils, koźlak, porter, pszeniczne oraz India Pale Ale z piwami przemysłowymi odpowiadającymi typom piw wyprodukowanych w warunkach domowych. Aktywność przeciwutleniająca i zawartość polifenoli badanych piw była zróżnicowana, na co najistotniejszy wpływ miał rodzaj i zasyp sładów: pilzneńskich, monachijskich, karmelowych, barwiących oraz słodu pszennego, a także rodzaj i ilość użytego chmielu (aromatycznego i goryczkowego). Mniejsze znaczenie miał sposób fermentacji: piwa typu pils – dolnej fermentacji i piwa pszeniczne – górnej fermentacji cechowały się podobnymi zdolnościami antyoksydacyjnymi. Najwyższą aktywnością przeciwutleniającą wśród piw domowych cechował się koźlak, a przemysłowych Porter Żywiec. Najwyższą ogólną zawartością polifenoli charakteryzowało się piwo domowe typu India Pale Ale ($389,9 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ przy oznaczaniu według Polskiej Normy i $279,9 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ metodą Folina-Ciocalteu) i piwo Porter Żywiec (odpowiednio $299,7$ i $296,9 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$). Aktywność przeciwutleniająca piw domowych była większa niż odpowiadających im piw przemysłowych.

słowa kluczowe – key words:aktywność przeciwutleniająca – *antioxidant activity*, polifenole – *polyphenols*, słód – *malt*, piwa domowe – *home made beer*, piwa przemysłowe – *commercial beer*

WSTĘP

Piwa są bogatym źródłem polifenoli pochodzących głównie ze słodu, a także z chmielu. Polifenole jako bioaktywne składniki piwa mogą spełniać w diecie ważną rolę z uwagi na swoje zdolności przeciwutleniające (1). W zależności od użytych sładów piwa mogą znacznie różnić się właściwościami antyoksydacyjnymi. Szacuje się, że około 80% związków polifenolowych znajdujących się w gotowym piwie pochodzi głównie ze słodu, a 20% z chmielu. Proces technologiczny może znacząco wpływać na potencjalne własności prozdrowotne piwa. Piwa domowe często cechują się większymi zdolnościami przeciwutleniającymi niż piwa przemysłowe (6). Celem pracy było porównanie aktywności przeciwutleniającej i zawartości polifenoli różnych typów piw domowych i odpowiadających im piw przemysłowych ze szczególnym uwzględnieniem wpływu sładów użytych do produkcji piwa.

MATERIAŁ I METODY

Dla realizacji celu pracy przygotowano sposobem domowym pięć typów piw: pils, koźlak, porter, pszeniczne i India Pale Ale. Dla porównania zbadano również najbardziej odpowiadające poszczególnym typom piwa przemysłowe zakupione w handlu detalicznym: Pilsner Urquell, Koźlak Amber, Porter Żywiec, Paulaner, Belhaven Scottish Ale.

Do produkcji piw sposobem domowym użyto surowców dostępnych w sklepie internetowym Browamator. Dla każdego piwa została opracowana receptura, tak aby gotowy produkt jak najlepiej oddawał podstawowe cechy danego typu piwa: pils, koźlak, porter, weizen (pszeniczne) i pale ale. Zastosowano słody: pilzneński Weyermann, monachijski Weyermann, Carramunich, Caraaroma, monachijski typ II, Caramunich typ III, pszeniczny jasny, wiedeński, karmelowy jasny, Carapils. Użyto granulatu chmielowego z chmielu odmian: Marynka, Lubelski, Hallertau Haersbrucke, East Kent Golding, Saaz. Zastosowano drożdże: Wyeast London Ale, Wyeast Bavarian Lager, Wyeast Weiherstephan weizen, Wyeast Czech Pils, Saflager S-23. Dodatkowo wykorzystano: glukozę, ekstrakty słodowe różnych typów oraz mech irlandzki jako środek wspomagający klarowanie.

Oznaczenie aktywności antyoksydacyjnej piw wykonano metodą opartą na reakcji odbarwiania rodników ABTS (2,2'-azinobis-(3-ethylbenzoline-6-sulphonic acid) przez zawarte w piwie przeciwutleniacze (7). Krzywą wzorcową przygotowano dla Troloxu. Oznaczenia zawartości polifenoli dokonano wg PN-A-79093-13:2000 oraz

Tabela 1

Charakterystyka analizowanych piw
Characteristic of analysed beers

Nazwa Beer name	Ekstrakt brzości podstawowej Original gravity (°B _g)	Ekstrakt pozorny piwa Apparent extract (°B _g)	Zawartość alkoholu Etanol content (% v/v)
Pils	12,0	4	4,1
Koźlak	18,0	6	6,2
Porter	19,0	5	7,2
Pszeniczne	12,0	4	4,1
India Pale Ale	13,0	5	4,1
Pilzner Urquell	11,8	b.d.	4,4
Koźlak Amber	15,1	b.d.	6,5
Porter Żywiec	22,0	b.d.	9,5
Paulaner	12,5	b.d.	5,5
Belhaven Scottish Ale	b.d.	b.d.	5,2

b.d. – brak danych; no data

z użyciem metody Folina-Ciocalteu (9). Dla wszystkich danych obliczano wartości średnie oraz odchylenie standardowe. W celu weryfikacji wyników zastosowano jednoczynnikowy test istotności różnic między średnimi na poziomie $\alpha \leq 0,05$.

WYNIKI

Piwa można traktować jako bogate źródło ważnych dla zdrowia substancji bioaktywnych. Aktywność związków przeciwutleniających obecnych w piwie jest zbliżona lub przewyższa aktywność podobnych związków w białym winie (4).

Porównanie aktywności przeciwutleniającej wyprodukowanych piw domowych z odpowiadającymi im typem piwami przemysłowymi pozwala stwierdzić, że piwa domowe charakteryzują się z reguły większą aktywnością przeciwutleniającą od przemysłowych, z wyjątkiem piw typu pils, gdzie aktywności są zbliżone (tab. 2). Poszczególne typy piw różnią się między sobą własnościami antyoksydacyjnymi. Piwa typu koźlak czy porter charakteryzują się aż dwukrotnie silniejszymi własnościami antyoksydacyjnymi niż piwa typu pils oraz pszeniczne, które zdecydowanie słabiej wygaszają rodniki ABTS (tab. 2)

Najwyższą zawartość polifenoli oznaczoną z użyciem metody zalecanej przez Polską Normę stwierdzono w piwie domowym typu India Pale Ale ($389,91 \mu\text{g}$ polifenoli· ml^{-1} piwa), a najniższą wartością charakteryzowało się piwo przemysłowe tego samego typu czyli Scottish Ale (tab. 3). Zawartość polifenoli w piwach domowych była większa niż w analogicznych piwach komercyjnych. Największą ich zawartością charakteryzowało się piwo domowe typu India Pale Ale ($389,91 \mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$), a najniższą piwo

Tabela 2

Porównanie aktywności przeciwutleniającej piw domowych i przemysłowych.
Comparison of home made and commercial beers antioxidant activity

Piwo domowe Home made beer		Piwo przemysłowe Commercial beer	
nazwa name	wartość średnia (μg troloxu ml^{-1}) mean (μg trolox ml^{-1})	wartość średnia (μg troloxu ml^{-1}) mean (μg trolox ml^{-1})	nazwa name
Pils	7,54 a	6,27 a	Pilsner Urquell
Koźlak	16,70 b	12,44 a	Koźlak Amber
Porter	15,76 b	14,43 a	Porter Żywiec
Pszeniczne	7,30 b	3,99 a	Paulaner
India Pale Ale	9,40 b	5,11 b	Scottish Ale

Różne litery w wierszach wskazują na istotne statystycznie różnice ($\alpha \leq 0,05$)

Means in rows with different letters differ significantly ($\alpha \leq 0,05$)

typu pils (202,13 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$); (tab. 3). W przypadku piw przemysłowych oznaczenie ilości polifenoli wg Polskiej Normy wykazało najwyższą ich zawartość w piwie Porter Żywiec (299,71 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$), następnie Koźlak Amber (273,47 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$), a najniższą zawartość w piwie Scottish Ale (158,67 $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$); (tab. 3).

Tabela 3

Porównanie ogólnej zawartości polifenoli w piwach domowych i odpowiadających im piwach przemysłowych oznaczonych wg Polskiej Normy
Total polyphenols in home made and adequate commercial beers when estimated according Polish Standards (PN)

Piwo domowe Home made beer		Piwo przemysłowe Commercial beer	
nazwa name	wartość średnia mean ($\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$)	wartość średnia mean ($\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$)	nazwa name
Pils	202,13 b	168,92 a	Pilsner Urquell
Koźlak	280,44 b	273,47 a	Koźlak Amber
Porter	306,27 a	299,71 a	Porter Żywiec
Pszeniczne	249,69 b	179,17 a	Paulaner
India Pale Ale	389,91 b	158,67 a	Scottish Ale

Różne litery w wierszach wskazują na istotne statystycznie różnice ($\alpha \leq 0,05$)

Means in rows with different letters differ significantly ($\alpha \leq 0,05$)

Tabela 4

Porównanie ogólnej zawartości polifenoli w piwach domowych i odpowiadających im piwach przemysłowych oznaczonych metodą Folina-Ciocalteu.
Total polyphenols in home made and adequate commercial beers when estimated by Folin-Ciocalteu method

Piwo domowe Home made beer		Piwo przemysłowe Commercial beer	
nazwa name	wartość średnia mean ($\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$)	wartość średnia mean ($\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$)	nazwa name
Pils	173,35 a	207,58 b	Pilsner Urquell
Koźlak	304,34 a	309,09 a	Koźlak Amber
Porter	302,48 b	296,89 a	Porter Żywiec
Pszeniczne	208,43 b	193,35 a	Paulaner
India Pale Ale	279,94 b	170,04 a	Scottish Ale

Różne litery w wierszach wskazują na istotne statystycznie różnice ($\alpha \leq 0,05$)

Means in rows with different letters differ significantly ($\alpha \leq 0,05$)

Oznaczenie ilości polifenoli metodą Folina-Ciocalteu wykazało podobne zależności pomiędzy piwami produkowanymi metodą uproszczoną w domu a tymi warzonymi w browarach przemysłowych jak w przypadku oznaczenia prowadzonego metodą zalecaną przez Polską Normę.

Wśród badanych piw domowych najwyższą ilością związków fenolowych charakteryzowały się piwa typu koźlak ($304,34 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$) oraz porter ($302,48 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$), natomiast najniższą zawartością charakteryzowało się piwo typu pils ($173,35 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$); (tab. 4).

Wśród piw przemysłowych największą ilością polifenoli charakteryzował się Koźlak Amber ($309,09 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$) oraz Porter Żywiec ($296,89 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$), natomiast najmniej związków fenolowych zawierało piwo Scottish Ale ($170,04 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$); (tab. 4).

Wyniki oznaczeń polifenoli w piwach wykonanych metodą zalecaną przez Polską Normę i metodą Folina-Ciocalteu były zbliżone, tylko w przypadku piw typu India Pale Ale zaobserwowano istotne różnice (tab. 3 i 4).

DYSKUSJA

Szacuje się, że około 80% polifenoli w gotowym piwie pochodzi ze słodu, a 20% z chmielu. Należy wziąć jednak pod uwagę różnice w zawartości polifenoli w różnych odmianach chmielu stosowanego w typowych recepturach pozyskiwania piwa, szczególnie w warunkach domowych. Na przykład chmiel odmiany Marynka charakteryzuje się dużą koncentracją polifenoli (10).

Duża aktywność przeciwutleniająca piw domowych wynika z dużego zasypu słodu, wielokrotnie większego niż w warunkach przemysłowych. Na przykład do wyprodukowania koźlaka sposobem domowym użyto aż 6,6 kg słodu jęczmiennego Weyermann na 20 l gotowego piwa.

Mniejsze znaczenie ma sposób fermentacji piwa. Piwa pils – dolnej fermentacji (3,6 kg słodu/20 l) i piwa pszeniczne (4,5 kg słodu/20 l w tym 2,5 kg słodu pszenicznego) oraz India Pale Ale (4,4 kg/20 l, w tym 2,5 kg słodu pilzneńskiego) górnej fermentacji, prawdopodobnie w związku ze zbliżonym zasypem słodu, wykazują podobne właściwości przeciwutleniające.

Istotnym czynnikiem wpływającym na aktywność przeciwutleniającą i stężenie polifenoli jest nie tylko sam zasyp, lecz jego stosunek do finalnej objętości produktu, a także sprawności procesu zacierania i filtracji. W przemysłowej produkcji piwa zużywa się ok. 13–17 kg słodu na 100 litrów gotowego produktu, z kolei podczas domowego warzenia standardowy zasyp wynosi ok. 4–7 kg na 20 litrów piwa, czyli ok. 20–35 kg/100 litrów piwa.

Porównanie tych dwóch sposobów produkcji pokazuje, że zawartość polifenoli pochodzących ze słodu w piwie może być rzeczywiście duża. Należy zwrócić uwagę na kilka czynników, które wpływają na zawartość polifenoli w piwach domowych.

Po pierwsze produkcja piwa w browarze rozpoczyna się od rozdrobnienia słodu w specjalnych młynkach w sposób bardziej sprzyjający ekstrakcji składników słodu niż czyni się to w warunkach domowych. W piwowarstwie domowym śrutowanie słodu prowadzi do powstania co najmniej trzech frakcji rozdrobnionego słodu, z których okrywa owocowo-nasienna, tzw. łuska, będzie służyć jako warstwa filtracyjna. Po drugie sam proces zacierania podczas produkcji przemysłowej charakteryzuje się o wiele większą wydajnością ekstraktu (2). Kolejnym etapem produkcji piwa jest wysładzanie, które w warunkach domowych jest prowadzone tradycyjnymi metodami ograniczającymi wydajność tego procesu. Biorąc to pod uwagę należy podkreślić, że mniejsza ilość słodu stosowanego do produkcji przemysłowej pozwala na pozyskanie dużej finalnej zawartości polifenoli w brzeczce i piwie (5).

Kolejnym czynnikiem wpływającym na zawartość polifenoli w piwie i różnice między piwami przemysłowymi a domowymi jest dostęp tlenu. W produkcji przemysłowej dostęp tlenu jest bardzo ograniczony dzięki stosowaniu zamkniętych fermentorów oraz dzięki rozlewowi bez dostępu powietrza (transport piwa przy zastosowaniu dwutlenku węgla oraz rozlew do butelek, z których usunięto powietrze poprzez ewakuację za pomocą CO₂); (2). Podczas produkcji piwa w domu kontakt powietrza i tlenu z piwem jest większy, co w efekcie końcowym prowadzi do zmniejszenia ilości i prawdopodobnie aktywności przeciwutleniaczy w produkcie końcowym (3).

Stosowanie przy produkcji piwa w dużym browarze czy w warunkach domowych słodów karmelowych i barwiących zwiększa ilość przeciwutleniaczy w piwie (8).

WNIOSKI

1. Aktywność przeciwutleniająca i zawartość polifenoli w badanych piwach była zróżnicowana, na co najistotniejszy wpływ miał rodzaj i ilość użytych słodów, a także rodzaj i ilość użytego chmielu.

2. Aktywność przeciwutleniająca piw domowych była wyższa niż aktywność odpowiadających im piw przemysłowych.

LITERATURA

1. Gorinstein S. i in.: Comparative contents of some phenolics in beer, red and white wines. *Nutrit. Res.*, 2000, **20**: 131-139.
2. Kunze W.: *Technologia piwa i słodu*. Piwochmiel, Warszawa, 1999.
3. Liegeois C., Mestdagh M., Collin S.: Assessment of the antioxidant and pro-oxidant activity of speciality malts. W: *Melanoidins in Food and Health*. J. M. Ames, Ed. European Commission, Luxembourg, 2000, **1**: 75-76.
4. Nardini M.: Phenolic acids from beer are absorbed and extensively metabolized in humans. *J. Nutrit. Biochem.*, 2005, **17**: 14-22.
5. Nordkvist E.: Distribution of insoluble bound phenolic acids in barley grain. *J. Sci. Food Agric.*, 1984, **35**: 657-661.

6. Nowak J., Korzec M., Gumienna M., Lasik M.: Ocena wpływu technologii produkcji piwa i czasu przechowywania na zawartość polifenoli i właściwości przeciwutleniające piw przemysłowych i domowych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 2008, **XLI(3)**: 792-796.
7. Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C.: Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.*, 1999, **26**: 1231-1237.
8. Sieliwanowicz B.: Przeciwutleniające właściwości fenoli piwa i ich potencjalne konsekwencje żywieniowe. *Przem. Ferm. Owoc. Warz.*, 1998, **4**: 9-11.
9. Singelton V.L. Rossi J.A.: Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.*, 1965, **16(3)**: 144-158.
10. Skomra U.: Chmiel nie tylko do piwa. *Przem. Ferm. Owoc. Warz.*, 2006, **12**: 17-19.

ANTIOXIDANT PROPERTIES OF HOME MADE BEERS AND INDUSTRIAL BEERS OF THE SAME TYPE

Summary

Antioxidant activity of some home beers of types: pils, koźlak, porter, wheat beer and India Pale Ale were compared with those of commercial ones adequate to the types of home made. The antioxidant capacity and the amount of polyphenols were diversified which was connected with the kind and quantity of cereal raw material (barley malts: pilsner, Munich type, caramel, dyeing type and wheat malt) as well of type and quantity of hops (aromatic or bitter). A type of fermentation was of a smaller significance – pils beers of bottom fermentation and wheat beers of upper fermentation exhibited similar antioxidant properties. The highest antioxidant activity among home made beers was found for koźlak and for commercial Porter Żywiec. The highest total polyphenols concentration was estimated in India Pale Ale from home made beers (389.9 $\mu\text{g ml}^{-1}$ according to PN and 279.9 $\mu\text{g ml}^{-1}$ by Folin-Ciocalteu method) and in Porter Żywiec (299.7 and 296.9 $\mu\text{g ml}^{-1}$ respectively). Antioxidant activity of home made beers was higher than of those industrially produced.

Praca wpłynęła do Redakcji 23 X 2009 r.

KAZIMIERZ NOWOROLNIK

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

WPŁYW DAWKI I SPOSOBU NAWOŻENIA AZOTEM NA PLONOWANIE I ZAWARTOŚĆ BIAŁKA W ZIARNIE OWSA

Effect of nitrogen fertilization on yielding and protein content in grain of oats

ABSTRAKT: W latach 2005–2007 przeprowadzono doświadczenie polowe z owsem (odmiana Flamingstern) na glebie kompleksu pszennego dobrego (mada wiślana), w stanowisku po pszenicy. Uwzględniono 6 obiektów nawożenia azotem w kg na 1 ha: 0, 45, 90 (60+30), 90 (45+30+15), 90 (45 + 30 w formie stałej + 15 w formie płynnej), 90 (45 w formie stałej + 30 w formie płynnej + 15 w formie płynnej). Terminy stosowania poszczególnych części dawek N: przed siewem + w fazie BBCH 28 + w fazie BBCH 38. Zwiększanie poziomu nawożenia azotem do 90 kg N/ha dodatkowo wpłynęło na plon ziarna owsa, w efekcie wzrostu liczby wiech na jednostce powierzchni i masy 1000 ziaren. Wraz ze wzrostem dawki azotu zwiększała się istotnie zawartość białka ogólnego i właściwego, a także zawartość azotu niebiałkowego w ziarnie owsa. Najwyższy plon białka uzyskano na dawce 90 kg N·ha⁻¹ podzielonej na 3 części, z których dwie późniejsze stosowano dolistnie. Zawartość albumin i globulin (najcenniejszych frakcji białka owsa) zmniejszyła się pod wpływem zwiększania poziomu nawożenia azotem do 90 kg N·ha⁻¹.

słowa kluczowe – key words:

owies – *oats*, nawożenie azotem – *nitrogen fertilization*, plon ziarna – *grain yield*, zawartość białka – *protein content*, struktura plonu – *yield structure*

WSTĘP

Ziarno owsa przeznacza się głównie na paszę dla zwierząt przeżuwających i koni, a ponadto na cele spożywcze – płatki śniadaniowe. Pieczywo razowe, kasze i płatki zbożowe zostały przemieszczone do podstawy zmodyfikowanej ostatnio piramidy żywienia (dzięki dużej zawartości w ziarnie błonnika pokarmowego), a bardziej przetworzone produkty zbożowe (białe pieczywo, makarony) przeniesiono na szczyt piramidy. Zalecane jest więc zwiększenie spożycia płatków i kasz. Wśród płatków zbożowych najbardziej cenione są płatki owsiane (6-8). Dla obu celów użytkowania ważna jest zawartość i jakość białka w ziarnie.

Spośród czynników agrotechnicznych, nawożenie azotem wyróżnia się jednoczesnym dodatnim wpływem na plon ziarna i na zawartość białka w ziarnie (10-12). W nielicznych badaniach z owsem (20, 22) i z innymi gatunkami zbóż stwierdzono

dodatni wpływ podziału wysokich dawek N na 3 części, przy stosowaniu ostatniej z nich w formie płynnej (dolistnie) na zawartość i plon białka w ziarnie (9, 10).

Celem badań było określenie reakcji owsa w zakresie wielkości i struktury plonu ziarna oraz zawartości i składu frakcyjnego białka na wzrastający poziom nawożenia azotem i różne sposoby stosowania wysokiej dawki N (forma stała i płynna, podział na 2 lub 3 części). W hipotezie badawczej zakładano dodatni wpływ podzielonej na 3 części wysokiej dawki N na plonowanie i zawartość białka w ziarnie owsa.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2005–2007 przeprowadzono doświadczenie polowe z owsem (odmiana *Flamingsstern* – zalecana na płatki śniadaniowe) w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym IUNG-PIB Kępa. Uwzględniono 6 obiektów nawożenia azotem w kg na 1 ha: 0, 45, 90 (60+30), 90 (45+30+15), 90 (45 + 30 w formie stałej + 15 w formie płynnej dolistnie), 90 (45 w formie stałej + 30 w formie płynnej dolistnie + 15 w formie płynnej dolistnie). Terminy stosowania poszczególnych części dawek N: przed siewem + w fazie BBCH 28 + w fazie BBCH 38. Doświadczenie założono na glebie kompleksu pszennego dobrego (mąda wiślana), w stanowisku po pszenicy, metodą bloków losowanych, w 4 powtórzeniach (powierzchnia poletka – 30 m²). Owies wysiewano w terminie 31 III–7 IV. Gęstość siewu wynosiła 500 ziaren/m². Nawożenie podstawowe stosowano przed orką zimową w dawkach: P – 25 kg·ha⁻¹, K – 75 kg·ha⁻¹ i Mg – 25 kg·ha⁻¹. Określono plon ziarna, liczbę wiech/m², MTZ, liczbę ziaren w wieszce, zawartość białka ogólnego w ziarnie (metodą Kjeldahla – N x 6,25), zawartość białka właściwego w ziarnie (metodą Modesta i Engela) oraz frakcje białek wg Wieser i in. (21).

Warunki pogodowe w poszczególnych latach badań (szczególnie w okresie marzec–maj) nie różniły się znacznie, nie odbiegając w dużej mierze od miesięcznych średnich wieloletnich ilości opadów i temperatury. Przeważnie mniejsza od średniej wieloletniej ilość opadów w jednym miesiącu łączyła się z większą ilością opadów w następnym miesiącu i odwrotnie. Jedynie w okresie czerwiec–lipiec 2006 roku wystąpiły znacznie mniejsze ilości opadów od średnich wieloletnich przy wyższej temperaturze.

WYNIKI I DYSKUSJA

Mniejsza ilość opadów w 2006 roku wpłynęła ujemnie na plon ziarna owsa, a dodatnio na zawartość białka w ziarnie w porównaniu z innymi latami (tab. 1). Wzrost plonu ziarna pod wpływem zwiększania dawki azotu był jednak najwyraźniejszy w 2006 roku, w którym wystąpiła istotnawyżka plonu na dawce 90 kg N·ha⁻¹ podzielonej na 3 części w relacji do dawki 45 kg N·ha⁻¹. Natomiast w latach 2005 i 2007 wzrost plonu ziarna między wyżej wymienionymi dawkami N miał charakter tendencji. Istotna wyżka plonu w obiektach z dawką 45 kg N·ha⁻¹ w stosunku do

Tabela 1

Wpływ nawożenia azotem na plon ziarna owsa i zawartość białka ogólnego w ziarnie
The effect of nitrogen fertilization on grain yield of oats and total protein content in grain

Dawka N* N rate (kg·ha ⁻¹)	Plon ziarna; Grain yield (t·ha ⁻¹)			Zawartość białka ogólnego (% s.m.) Total protein content (d.m. %)		
	2005	2006	2007	2005	2006	2007
0	5,29	3,40	3,97	12,2	12,9	12,7
45	5,56	3,84	4,32	13,0	13,6	13,3
90 (60+30)	5,63	4,15	4,43	13,5	14,0	13,9
90 (45+30+15)	5,88	4,36	4,52	13,9	14,1	14,0
90 (45+30+15*)	5,73	4,35	4,41	14,0	14,5	14,1
90 (45+30*+15*)	5,85	4,34	4,54	13,9	14,7	14,0
NIR; LSD ($\alpha=0,05$)	0,37	0,33	0,35	0,77	0,82	0,8

* terminy stosowania azotu: przed siewem + przy końcu krzewienia + przy końcu strzelania w źdźbło; nitrogen application terms: before sowing + at the end of tillering + at the end of shooting,

x) dolistnie; foliar application

obiekty kontrolnego wystąpiła w latach 2006 i 2007. W 2006 r. najbardziej zaznaczył się wzrost zawartości białka ogólnego w ziarnie na dawce 90 kg N·ha⁻¹ podzielonej na 3 części.

Stwierdzono dodatni wpływ nawożenia azotem na plon ziarna owsa (średnio w latach 2005–2007) i na główne elementy jego struktury. Uzyskano znaczny wzrost plonu ziarna na dawce 45 kg N·ha⁻¹ (w porównaniu z obiektem kontrolnym) i dalszy wzrost plonu przy dawce 90 kg N·ha⁻¹ podzielonej na 3 części (tab. 2). Obserwowano tendencję do niższego plonu przy dawce 90 kg N·ha⁻¹ podzielonej na 2 w porównaniu z jej podziałem na 3 części. Dolistne stosowanie części dawki 90 kg N·ha⁻¹ nie modyfikowało plonu ziarna owsa. Liczba wiech na jednostce powierzchni wzrosła istotnie na dawce 45 kg N·ha⁻¹, a jej wzrost na obiektach z dawką 90 kg N·ha⁻¹ w stosunku do dawki 45 kg N·ha⁻¹ miał charakter tendencji. Istotny wzrost średniej masy ziarna z wiechy i masy 1000 ziaren wystąpił pod wpływem dawki 90 kg N·ha⁻¹ podzielonej na 3 części niezależnie od techniki jej stosowania, w relacji do obiektu kontrolnego. Liczba ziaren w wieszce nie różniła się istotnie w obrębie badanych obiektów. Sposób podziału dawki 90 kg N·ha⁻¹ nie wpływał na elementy struktury plonu ziarna owsa.

Dodatni wpływ nawożenia azotem na plon ziarna owsa stwierdzono także w innych doświadczeniach. Istotne zwiększenia plonu ziarna owsa uzyskano na dawce 60 kg N·ha⁻¹ (11, 16, 19), 75 kg N·ha⁻¹ (1) lub 90–100 kg N·ha⁻¹ (13, 17, 18, 23, 24). W doświadczeniach wazonowych IUNG-PIB w Puławach (15) porównano reakcję 7 odmian owsa na wzrastający poziom nawożenia azotem. Odmiana Flamingssstern należała do grupy odmian o najsilniejszej dodatniej reakcji na nawożenie azotem. W badaniach nad wpływem nawożenia azotem na poszczególne elementy struktury plonu stwierdzono, że wzrost plonu ziarna owsa na wyższych dawkach N był głównie efektem zwiększania się liczby wiech na jednostce powierzchni (1-5, 12, 14, 15).

Tabela 2

Wpływ nawożenia azotem na plon ziarna owsa i jego strukturę (2005–2007)
The effect of nitrogen fertilization on grain yield of oats and its components (2005–2007)

Dawka N* N rate (kg·ha ⁻¹)	Plon ziarna Grain yield (t·ha ⁻¹)	Liczba wiech na 1 m ² Panicle number per 1 m ²	Masa ziarna z wiechy Grain weight of panicle (g)	Liczba ziaren z wiechy Grain number per panicle	MTZ 1000 grain weight (g)
0	4,22	471	0,90	29,5	30,7
45	4,57	509	0,92	29,2	31,6
90 (60+30)	4,73	522	0,94	30,1	31,3
90 (45+30+15)	4,91	530	0,99	30,4	32,6
90 (45+30+15 ^x)	4,82	527	0,97	30,3	32,2
90 (45+30 ^x +15 ^x)	4,90	538	0,99	30,6	32,5
NIR; LSD ($\alpha=0,05$)	0,32	36	0,07	r.n.	1,7

* terminy stosowania azotu: przed siewem + przy końcu krzewienia + przy końcu strzelania w źdźbło; nitrogen application terms: before sowing + at the end of tillering + at the end of shooting

x) dolistnie, foliar application

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

Zmiany były przeważnie nieistotne, a u niektórych odmian silniej reagujących zwiększając rozkrzewienie produkcyjnego obserwowano tendencję do obniżania się wartości tych cech pod wpływem nawożenia azotem. W warunkach niedużych zmian liczby wiech na jednostce powierzchni wyższe dawki N wpływały u niektórych odmian owsa dodatkowo na liczbę ziaren w wieszce lub masę 1000 ziaren (15, 24).

Wzrastający poziom nawożenia azotem do 90 kg·ha⁻¹ wpłynął na istotne zwiększenie zawartości białka ogólnego i właściwego, a także zawartości azotu niebiałkowego w ziarnie owsa (przy podziale tej dawki na 3 części), w stosunku do obiektu kontrolnego; (tab. 3). Podział dawki 90 kg N·ha⁻¹ na 3 części wpłynął istotnie na wzrost zawartości azotu niebiałkowego w ziarnie owsa, a ponadto obserwowano tendencję do zwiększenia zawartości białka ogólnego. Plon białka owsa zwiększał się znacznie pod wpływem wzrostu dawki N do 90 kg·ha⁻¹. Uzyskano także istotny wzrost plonu białka przy dawce 90 kg N·ha⁻¹ podzielonej na 3 części, z których dwie późniejsze stosowano dolistnie, w stosunku do dawki 90 kg N·ha⁻¹ podzielonej na 2 części. Zawartość albumin i globulin w białku ziarna owsa była wyższa w obiekcie kontrolnym i obiekcie z dawką 45 kg N·ha⁻¹ niż w obiektach z dawką 90 kg N·ha⁻¹ niezależnie od jej podziału i sposobu jej stosowania.

Wzrost zawartości białka ogólnego w ziarnie oraz plonu białka ogólnego w ziarnie owsa w miarę podwyższania dawki azotu stwierdzono także we wszystkich innych cytowanych pracach (11, 13, 19, 22). Pod wpływem wysokiego poziomu nawożenia N pogarsza się jakość białka w ziarnie owsa (skład frakcyjny i aminokwasowy); (20, 22).

Tabela 3

Wpływ nawożenia azotem na cechy jakościowe ziarna owsa (2005–2007)
The effect of nitrogen fertilization on grain quality features of oats (2005–2007)

Dawka N* N rate (kg·ha ⁻¹)	Zawartość białka ogólnego (% s.m.) Total protein content (d.m. %)	Zawartość białka właści- wego (% s.m.) True protein content (d.m. %)	Zawartość N niebiałkowego (% s.m.) Protein-free N content in grain (d.m. %)	Zawartość w białku albu- min i globulin Albumin and globulin con- tent in protein (%)	Plon białka ogólnego Total protein yield (kg·ha ⁻¹)
0	12,6	10,9	0,27	46,0	531
45	13,3	11,5	0,29	46,7	608
90 (60+30)	13,8	12,2	0,26	43,4	653
90 (45+30+15)	14,0	12,1	0,31	43,5	687
90 (45+30+15 ^x)	14,2	12,2	0,32	43,4	684
90 (45+30 ^x +15 ^x)	14,2	11,9	0,36	41,9	696
NIR; LSD ($\alpha=0,05$)	0,68	0,61	0,03	-	40,2

* terminy stosowania azotu: przed siewem + przy końcu krzewienia + przy końcu strzelania w źdźbło; nitrogen application terms: before sowing + at the end of tillering + at the end of shooting

x) dolistnie, foliar application

Tabela 4

Przeciętna produktywność netto dawek nawożenia azotem w zakresie plonu ziarna i plonu białka owsa
Average efficiency of nitrogen fertilization rates with regard to grain yield and protein yield of oats

Dawka N*; N rate (kg·ha ⁻¹)	Kg ziarna/1 kg N Grain kg/1 N kg	Kg białka/1 kg N Protein kg/1 N kg
45	7,78	1,71
90 (60+30)	5,67	1,36
90 (45+30+15)	7,67	1,73
90 (45+30+15 ^x)	6,67	1,70
90 (45+30 ^x +15 ^x)	7,56	1,83

* terminy stosowania azotu: przed siewem + przy końcu krzewienia + przy końcu strzelania w źdźbło; nitrogen application terms: before sowing + at the end of tillering + at the end of shooting

x) dolistnie, foliar application

Przeciętna produktywność poszczególnych dawek nawożenia azotem w zakresie plonu ziarna i plonu białka owsa była mało zróżnicowana (tab. 4). Niższe jej wartości stwierdzono dla dawki 90 kg N·ha⁻¹ podzielonej na 2 części. Najwyższą efektywność pod względem plonu ziarna uzyskano przy dawce 45 kg N·ha⁻¹, a pod względem plonu białka przy dawce 90 kg N·ha⁻¹ podzielonej na 3 części, z których dwie późniejsze stosowano dolistnie. Podobną efektywność badanych dawek nawożenia azotem uzyskano w badaniach Wróbla i in. (24).

WNIOSKI

1. Zwiększanie poziomu nawożenia azotem do 90 kg N·ha⁻¹ dodatnio wpływa na plon ziarna owsa, w efekcie wzrostu liczby wiech na jednostce powierzchni i masy 1000 ziaren. Dolistne stosowanie części dawki 90 kg N·ha⁻¹ nie wpływa na plon ziarna owsa.
2. Wzrost dawki azotu powoduje istotne zwiększenie zawartości białka ogólnego i właściwego, a także zawartości azotu niebiałkowego w ziarnie owsa.
3. Najwyższy plon białka uzyskano przy dawce 90 kg N·ha⁻¹ podzielonej na 3 części, z których dwie ostatnie stosowano dolistnie.
4. Zawartość albumin i globulin (najcenniejszych frakcji białka owsa) zmniejsza się pod wpływem zwiększania poziomu nawożenia azotem do 90 kg N·ha⁻¹.

LITERATURA

1. Assaad A.M.: Yield response of forage oats (*Avena sativa* L.) to nitrogen fertilization harvested at successive stages of maturity. *Alex. J. Agric. Res.* 1994, **39(3)**: 159-170.
2. Chapko L.B., Brinkman M.A.: Interrelationship between panicle weight, grain yield and yield components in oat. *Crop. Sci.*, 1991, **31**: 878-882.
3. Collaud J.F.: Effect of nitrogen fertilizer application on hectoliter weight of spring oats. *Rev. Suisse Agric.*, 1995, **27(2)**: 117-119.
4. Kozłowska-Ptaszyńska Z., Pawłowska J.: Reakcja nowych odmian owsa na nawożenie azotem. *Pam. Puł.*, 1997, **109**: 7-18.
5. Kozłowska-Ptaszyńska Z., Pawłowska J., Woch J.: Wpływ dawek azotu na plon i jego strukturę u nowych polskich odmian owsa. *Biul. IHAR*, 2000, **215**: 239-244.
6. Lasztity R.: Oat grain – a wonderful reservoir of natural nutrients and biologically active substances. *Food Rev. Int.*, 1995, **14**: 99-119.
7. Maciejewicz-Ryś J., Sokół K.: Wartość pokarmowa ziarna owsa oplewionego i nagoziarnistego. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość*, 1999, **6(supl. 1)**: 273-278.
8. Manthey F.A., Hareland G.A., Huseby D.J.: Soluble and insoluble dietary content and composition in oat. *Cereal Chem.*, 1999, **76**: 417-420.
9. Mazurek J., Jaśkiewicz B., Klupeczyński Z.: Plonowanie i jakość ziarna pszenicy jarej w zależności od techniki nawożenia azotem. *Pam. Puł.*, 1999, **118**: 257-261.
10. Noworolnik K.: Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie jęczmienia jarego w różnych warunkach siedliska. *Monogr. Rozpr. Nauk.*, Puławy, 2003, **8**.
11. Noworolnik K., Maj L.: Plonowanie owsa nagoziarnistego na tle oplewionego w zależności od nawożenia azotem. *Pam. Puł.*, 2005, **139**: 129-136.
12. Peltonen-Sainio P.: Groat yield and plant stand structure of naked and hulled oat under different nitrogen fertilizer and seeding rates. *Agron. J.*, 1997, **89**: 140-147.
13. Piech M., Maciorowski R., Petkov K.: Plon ziarna i składników pokarmowych owsa nieoplewionego i oplewionego uprawianego przy dwóch poziomach nawożenia azotem. *Biul. IHAR*, 2003, **229**: 103-113.
14. Sułek A.: Reakcja nowych odmian owsa na nawożenie azotem w doświadczeniach wazonowych. *Biul. IHAR*, 2009, **253**: 205-210.
15. Sułek A.: Wpływ dawek azotu na plon ziarna i jego komponenty u nowych odmian owsa. *Biul. IHAR*, 2003, **229**: 125-130.

16. Szafrński W.: Wpływ poziomu i sposobu nawożenia azotowego na plonowanie wybranych odmian jęczmienia jarego i owsa w zróżnicowanych warunkach siedliskowych Pogórza. Cz. I. Współczynnik zbioru i wysokość plonu ziarna. Zesz. Nauk. AR Kraków, 1995, 300, **32**: 99-111.
17. Szmigiel A., Oleksy A.: Wpływ nawożenia azotem na plonowanie nagoziarnistej i oplewionej formy owsa. Biul. IHAR, 2006, **239**: 27-33.
18. Tobiasz-Salach R., Bobrecka-Jamro D.: Wpływ nawożenia azotowego i gęstości na plon ziarna, zawartość białka i elementy struktury plonu owsa. Biul. IHAR, 2006, **239**: 41-47.
19. Walens M.: Wpływ nawożenia azotowego i gęstości siewu na wysokość i jakość plonu ziarna odmian owsa oplewionego i nagoziarnistego. Biul. IHAR, 2003, **229**: 115-124.
20. Wang S., Wang Y., Schnug E., Haneklaus S., Fleckenstein J.: Effects of nitrogen and sulphur fertilization on oats yield, quality and digestibility and nitrogen and sulphur metabolism of sheep in the Inner Mongolia Steppes of China. Nutr. Cycl. Agroecosyst., 2002, **62**: 195-202.
21. Wieser H., Antes S., Seilmeier W.: Quantitative determination of gluten protein types in wheat flour by reversed-phase high-performance liquid chromatography. Cereal Chem., 1998, **75**(5): 644-650.
22. Wróbel E.: Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i jakość białka ziarna jęczmienia jarego i owsa uprawianych na paszę. Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricultura, 1993, 56, suppl. B: 1-53.
23. Wróbel E., Krajewski T., Krajewski M.: Plonowanie oraz Wartość paszowa ziarna owsa nagoziarnistego w siewie czystym i mieszanym. Biul. IHAR, 2003, **229**: 341-347.
24. Wróbel E., Krajewski T., Krajewski W.: Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i strukturę plonu owsa oplewionego i nagoziarnistego. Biul. IHAR, 2003, **229**: 95-102.

EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION ON YIELDING AND PROTEIN CONTENT IN GRAIN OF OATS

Summary

Field experiment with oats (Flamingsstern cultivar) was carried out in the years 2005–2007. Six nitrogen fertilization objects: 0, 45, 90 (60+30), 90 (45+30+15), 90 (45+30+15 in foliar application) and 90 (45+30 in foliar application +15 in foliar application) were investigated. Increasing nitrogen rate to 90 kg N ha⁻¹ caused grain yield increase of oats, increase of panicle number per m², increase of grain weight of panicle, increase of 1000 grain weight, increase of total and true protein content in grain and increase of protein-free N content in grain. Higher protein yield was at nitrogen fertilization object – 90 (45+30 in foliar application +15 in foliar application).

Praca wpłynęła do Redakcji 27 X 2009 r.

KAZIMIERZ NOWOROLNIK

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

WPLYW NAWOŻENIA AZOTEM NA PLONOWANIE I JAKOŚĆ ZIARNA NOWYCH ODMIAN JĘCZMIENIA JAREGO

Effect of nitrogen fertilization on yielding and grain quality of new cultivars of spring barley

ABSTRAKT: W latach 2004–2007 przeprowadzono w hali wegetacyjnej IUNG-PIB w Puławach doświadczenie wazonowe z jęczmieniem jarym, posługując się wazonami Mitscherlicha. Badano reakcje odmian: Nadek, Sebastian, Widawa i Frontier (2004–2005) oraz Ryton, Mauritia, NAGRADOWICKI i Tocada (2006–2007) na 3 poziomy nawożenia azotem: 1, 2 i 3 g N/wazon. Po zbiorze jęczmienia określono plon ziarna, cechy jego struktury, zawartość białka w ziarnie (metodą Kjeldahla) i celność ziarna. Obliczono także plon białka.

Wszystkie badane odmiany jęczmienia jarego reagowały wzrostem plonu ziarna na zwiększanie dawki azotu z 1 do 2 g N/wazon, a pięć z nich – Nadek, Widawa, Ryton, NAGRADOWICKI i Tocada wykazały dalszy istotny wzrost plonu przy dawce 3 g N/wazon. Wraz ze wzrostem dawki azotu zwiększała się istotnie zawartość białka ogólnego w ziarnie oraz plon białka wszystkich badanych odmian. Największą zwyżką plonu białka wyróżniły się odmiany Nadek, Tocada i Widawa. Wzrost plonu pod wpływem nawożenia N był efektem zwiększenia liczby kłosów w wazonie wskutek lepszego rozkrzewienia produkcyjnego roślin.

słowa kluczowe – key words:

jęczmień jary – *spring barley*, nawożenie azotem – *nitrogen fertilization*, plon ziarna – *grain yield*, zawartość białka – *protein content*, struktura plonu – *yield structure*

WSTĘP

Jednym z głównych czynników agrotechnicznych determinujących plon ziarna, zawartość białka w ziarnie i plon białka jęczmienia jest nawożenie azotem, które współdziała z właściwościami odmian (1, 3, 9-15). Wiąże się to z różnicami w zakresie niektórych cech morfologiczno-fizjologicznych odmian (zdolność roślin do krzewienia się, wymagania świetlne, sprawność wykorzystania pobranego azotu, sztywność i elastyczność źdźbeł). Duża liczba wprowadzonych w ostatnim okresie do praktyki nowych odmian jęczmienia jarego uzasadnia celowość systematycznego badania ich wymagań odnośnie dawki azotu. Obecnie w doborze znajduje się większa liczba odmian browarnych niż odmian pastewnych, przy znacznie mniejszym zużyciu ziarna na cele browarne niż na cele pastewne. Ponieważ poziom plono-

wania nowych odmian browarnych nie jest niższy niż odmian pastewnych, często w praktyce wysiewa się odmiany browarne z przeznaczeniem na cele pastewne. Dobra wartość browarna odmian jest powiązana z niską zawartością białka w ziarnie, odwrotnie niż w odniesieniu do wartości pastewnej (10). Należy sprawdzić, czy w przypadku stosowania wysokich dawek azotu odmiany browarne mogą dorównywać plonami białka odmianom pastewnym.

Celem badań było określenie reakcji nowych odmian jęczmienia jarego w zakresie wielkości i struktury plonu ziarna oraz zawartości białka w ziarnie na wzrastający poziom nawożenia azotem. W hipotezie badawczej zakładano niejednakowy wpływ nawożenia azotem na plonowanie i zawartość białka w ziarnie odmian jęczmienia.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2004–2007 przeprowadzono w hali wegetacyjnej IUNG-PIB w Puławach doświadczenie wazonowe z jęczmieniem jarym, posługując się wazonami Mitscherlicha. Badano reakcję odmian: Nadek, Sebastian, Widawa i Frontier (2004–2005) oraz Ryton, Mauritia, Nagradowicki i Tocada (2006–2007) na 3 poziomy nawożenia azotem (NH_4NO_3): 1, 2 i 3 g N/wazon. Nadek, Sebastian, Ryton i Mauritia to odmiany typu browarnego. Dawki 1 i 2 g N/wazon dzielono na dwie części: 60% przed siewem + 40% przy końcu krzewienia, a dawkę 3 g N/wazon dzielono na trzy części: 60% przed siewem + 25% przy końcu krzewienia + 15% przed kłoszeniem. Nawożenie innymi składnikami mineralnymi stosowano w dawkach: 0,8 g P; 1,7 g K; 0,4 g Mg; 50 mg Fe; 5 mg B i 3 mg Cu na wazon. Siewu dokonano w końcu marca. W fazie 2 liści pozostawiono (po przerywce) po 10 roślin w wazonie. Wilgotność gleby utrzymywano na poziomie 60% połowej pojemności wodnej. Doświadczenie założono metodą serii niezależnych, w 4 powtórzeniach.

Po zbiorze jęczmienia określono plon ziarna, cechy jego struktury, zawartość białka w ziarnie (metodą Kjeldahla) i celność ziarna. Obliczono także plon białka. Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji, oceniając istotność różnic testem Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

Stwierdzono istotny wpływ nawożenia azotem na plon ziarna odmian jęczmienia jarego i główne elementy jego struktury, przy współdziałaniu nawożenia N z odmianami. Interakcja nawożenia azotem z latami badań była nieistotna. Wszystkie odmiany plonowały wyżej przy dawce 2 g N w porównaniu z dawką 1 g N/wazon, co zostało udowodnione statystycznie. Dalszy istotny wzrost plonu ziarna przy dawce 3 g N/wazon wykazały odmiany: Nadek, Widawa, Ryton, Nagradowicki i Tocada (tab. 1, 2). Wzrost plonu ziarna był efektem zwiększenia liczby kłosów na jednostce

Tabela 1

Wpływ nawożenia azotem na plonowanie odmian jęczmienia jarego (2004–2005)
Effect of nitrogen fertilization on yielding of spring barley cultivars (2004–2005)

Odmiana Cultivar	Dawka N (g/wazon) N rate (g/pot)	Plon ziarna (g/wazon) Grain yield (g/pot)	Liczba kłosów w wazonie Ear number per pot	Masa ziarna z kłosa Grain yield per ear	Liczba ziaren w kłosie Grain number per ear
Nadek	1	42,4	47,7	0,88	20,9
	2	54,2	66,8	0,81	19,8
	3	63,7	82,0	0,77	19,9
	średnio; mean	53,4	65,5	0,82	20,2
Sebastian	1	45,1	48,9	0,92	19,5
	2	57,8	66,5	0,87	19,4
	3	60,5	77,1	0,78	18,2
	średnio; mean	54,5	64,2	0,86	19,1
Widawa	1	46,7	47,8	0,98	20,3
	2	61,5	70,7	0,87	19,2
	3	71,3	83,2	0,85	19,5
	średnio; mean	59,8	67,2	0,90	19,7
Frontier	1	47,3	45,9	1,03	20,7
	2	62,6	61,7	1,01	20,8
	3	61,1	66,6	0,92	20,0
	średnio; mean	57,0	58,1	0,99	20,5
Średnio Mean	1	45,4	47,6	0,95	20,4
	2	59,0	66,4	0,89	19,8
	3	64,2	77,2	0,83	19,4
NIR; LSD ($\alpha=0,05$) dla: for:					
dawek N; N rate		4,71	6,40	0,067	r.n.
odmian; cultivar		5,30	7,03	0,075	r.n.
interakcji; interaction		5,93	7,87	0,085	r.n.

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

powierzchni w miarę podwyższania dawki N. Jedynie odmiany Frontier i Mauritania wykazały nieistotną wyższą liczbę kłosów w obiektach z najwyższą dawką N w stosunku do dawki średniej. Wystąpiła interakcja dawek N z odmianami dla masy ziarna z kłosa. Stwierdzono ujemny wpływ dużej dawki azotu na wartości tej cechy, której zmiany tylko w przypadku odmian Ryton i NAGRADOWICKI były nieistotne.

Obserwowano tendencję do niższej liczby ziaren w kłosie badanych odmian pod wpływem dużej dawki N (z wyjątkiem odmian: NAGRADOWICKI i Ryton).

W miarę podwyższania poziomu nawożenia azotem uzyskano duży wzrost zawartości białka w ziarnie badanych odmian, zarówno pastewnych, jak i browarnych (tab. 3, 4). Plon białka przy dawce 3 g N/wazon był blisko dwukrotnie wyższy w stosunku do dawki 1 g N/wazon. Największą wyższą plonu białka wyróżniały się odmiany Nadek, Tocada, a także Widawa. Celność ziarna zmniejszała się przy dużej

Tabela 2

Wpływ nawożenia azotem na plonowanie odmian jęczmienia jarego (2006–2007)
Effect of nitrogen fertilization on yielding of spring barley cultivars (2006–2007)

Odmiana Cultivar	Dawka N (g/wazon) N rate (g/pot)	Plon ziarna (g/wazon) Grain yield (g/pot)	Liczba kłosów w wazonie Ear number per pot	Masa ziarna z kłosa Grain yield per ear	Liczba ziaren w kłosie Grain number per ear
Ryton	1	40,2	43,2	0,95	19,9
	2	55,6	60,0	0,93	20,0
	3	61,9	69,5	0,89	19,8
	średnio; mean	52,3	57,6	0,92	19,9
Mauritia	1	45,6	45,2	1,03	20,4
	2	59,3	62,8	0,95	19,7
	3	62,4	69,7	0,89	19,9
	średnio; mean	55,7	59,2	0,96	20,0
Nagradowicki	1	45,0	48,3	0,95	19,8
	2	57,7	62,4	0,93	19,9
	3	64,2	72,5	0,88	20,0
	średnio; mean	55,6	61,1	0,92	19,9
Tocada	1	46,8	42,7	1,12	21,0
	2	61,0	61,6	1,00	19,8
	3	73,5	75,8	0,97	20,1
	średnio; mean	60,5	60,0	1,03	20,3
Średnio Mean	1	44,5	44,8	1,01	20,3
	2	58,4	61,7	0,95	19,8
	3	65,5	71,9	0,90	19,9
NIR; LSD ($\alpha=0,05$) dla: for:					
dawek N; N rate		5,20	6,83	0,076	r.n.
odmian; cultivar		5,71	6,80	0,068	r.n.
interakcji; interaction		6,11	8,23	0,089	r.n.

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

dawce azotu, w największym stopniu u odmian Nadek, Widawa i Tocada. Również masa 1000 ziaren badanych odmian zmniejszyła się przy dużej dawce azotu, w największym stopniu u odmian Mauritia i Tocada, a w najmniejszym stopniu u odmiany Ryton.

Wyższym plonem ziarna wyróżniły się odmiany: Tocada i Widawa, a plonem białka – Tocada, Nagradowicki i Nadek. Dużym rozkrzewieniem produkcyjnym charakteryzowały się odmiany: Widawa i Nadek, wyższą celnością – Ryton, Sebastian, Mauritia i Frontier, a lepszą dorodnością ziarna – Frontier i Tocada.

W literaturze brakuje dokładnych informacji na temat reakcji najnowszych odmian jęczmienia jarego (badanych w niniejszej pracy) w zakresie wielkości i struktury plonu ziarna oraz zawartości białka w ziarnie na wzrastający poziom nawożenia azotem. We wcześniejszych doświadczeniach wazonowych IUNG-PIB w Puławach

Tabela 3

Wpływ nawożenia azotem na cechy jakościowe odmian jęczmienia jarego (2004–2005)
Effect of nitrogen fertilization on quality features of spring barley cultivars (2004–2005)

Odmiana Cultivar	Dawka N (g/wazon) N rate (g/pot)	Zawartość biał- ka w ziarnie (% s.m.) Protein content in grain (d.m. %)	Plon białka (g/wazon) Protein yield (g/pot)	Celność ziarna Grain fraction > 2,5 mm (%)	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight (g)
Nadek	1	10,9	4,62	87	42,0
	2	12,8	6,94	83	41,1
	3	14,2	9,04	79	38,7
	średnio; mean	12,6	6,73	83	40,6
Sebastian	1	9,8	4,42	89	47,2
	2	11,5	6,65	86	44,6
	3	13,7	8,29	86	43,1
	średnio; mean	11,7	6,37	87	44,9
Widawa	1	9,7	4,53	85	48,1
	2	11,2	6,89	79	45,2
	3	12,1	8,63	76	43,8
	średnio; mean	11,0	6,58	80	45,7
Frontier	1	9,3	4,40	88	49,9
	2	11,2	6,61	85	48,6
	3	12,8	8,22	85	45,7
	średnio; mean	11,1	6,33	86	48,1
Średnio Mean	1	9,9	4,49	87	46,8
	2	11,7	6,90	83	44,9
	3	13,3	8,54	81	42,8
NIR; LSD ($\alpha=0,05$) dla: for:					
dawek N; N rate		0,76	0,60	5,2	2,8
odmian; cultivar		0,69	r.n.	5,8	3,6
interakcji; interaction		r.n.	r.n.	6,5	r.n.

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

porównano reakcję starszych odmian jęczmienia jarego na nawożenie azotem (10–12). Część z nich wykazała nieistotne zwwyżki plonu ziarna przy dawce 3 g N/wazon w stosunku do dawki 2 g N/wazon, a inne plonowały istotnie lepiej. Reasumując wyniki tych prac można stwierdzić, że odmiany z natury słabiej krzewiące się silniej zwiększają plon ziarna i liczbę kłosów w wazonie pod wpływem dużej dawki N. Azot jest bowiem czynnikiem stymulującym rozkrzewienie produkcyjne roślin, bardziej efektywnym w przypadku odmian charakteryzujących się niższym współczynnikiem rozkrzewienia produkcyjnego.

Wyniki licznych prac (1, 6, 10–13, 15, 17) podobnie jak niniejszych badań wskazują na niewielkie zmiany liczby ziaren w kłosie i masy 1000 ziaren pod wpływem nawożenia azotem. Dla większości odmian zmiany te były nieistotne, a niektóre

Tabela 4

Wpływ nawożenia azotem na cechy jakościowe odmian jęczmienia jarego (2006–2007)
Effect of nitrogen fertilization on quality features of spring barley cultivars (2006–2007)

Odmiana Cultivar	Dawka N (g/wazon) N rate (g/pot)	Zawartość białka w ziarnie (% s.m.) Protein content in grain (d.m. %)	Plon białka (g/wazon) Protein yield (g/pot)	Celność ziarna Grain fraction > 2,5 mm (%)	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight (g)
Ryton	1	10,7	4,30	90	47,8
	2	12,4	6,89	89	46,7
	3	13,5	8,36	85	45,1
	średnio; mean	12,2	6,38	88	46,5
Mauritia	1	9,8	4,47	89	50,3
	2	11,3	6,70	86	48,2
	3	12,4	7,74	83	45,0
	średnio; mean	11,2	6,24	86	47,8
Nagradowi- cki	1	11,5	5,17	88	48,1
	2	12,1	6,98	84	46,7
	3	13,8	8,86	83	44,2
	średnio; mean	12,5	6,95	85	46,3
Tocada	1	10,6	4,96	89	53,1
	2	11,8	7,20	84	50,5
	3	12,7	9,33	82	48,2
	średnio; mean	11,7	7,08	85	50,6
Średnio Mean	1	10,7	4,76	89	49,8
	2	11,9	6,95	85	48,0
	3	13,0	8,51	83	45,6
NIR; LSD ($\alpha=0,05$) dla: for:					
dawek N; N rate	0,69	0,52	5,7	2,9	
odmian; cultivar	0,73	0,61	r.n.	3,4	
interakcji; interaction	r.n.	r.n.	r.n.	3,8	

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

odmiany wykazywały istotne pogorszenie cech produkcyjności kłosa w przypadku dużego zwiększenia liczby kłosów na jednostce powierzchni. Dodatni wpływ nawożenia azotem (60–90 kg N/ha) na plon ziarna jęczmienia jarego stwierdzono także w doświadczeniach polowych (1, 3-5, 7-9, 13, 16, 17).

Wzrost zawartości białka w ziarnie odmian jęczmienia jarego i plonu białka w miarę zwiększania poziomu nawożenia azotem stwierdzono także we wszystkich innych cytowanych pracach (2-5, 7, 9, 10, 12-16). Większy wzrost zawartości białka występował przeważnie w przypadku mniejszego zwiększenia plonu ziarna jęczmienia jarego między dużą a małą dawką azotu. Ujemny wpływ nawożenia azotem na celność ziarna stwierdzono również w badaniach Pecio (13).

WNIOSKI

1. Wszystkie badane odmiany jęczmienia jarego reagowały wzrostem plonu ziarna na zwiększanie dawki azotu z 1 do 2 g N/wazon, a pięć z nich – Nadek, Widawa, Ryton, Nagradowski i Tocada wykazało dalszy istotny wzrost plonu przy dawce 3 g N/wazon.

2. Wraz ze wzrostem dawki azotu zwiększała się istotnie zawartość białka ogólnego w ziarnie oraz plon białka wszystkich badanych odmian. Największą zwyżką plonu białka wyróżniły się odmiany Nadek, Tocada i Widawa.

3. Wzrost plonu pod wpływem nawożenia N był efektem zwiększenia liczby kłosów w wazonie wskutek lepszego rozkrzewienia produkcyjnego roślin.

LITERATURA

1. Baethgen W., Christianson C., Lamothe A.: Nitrogen fertilizer effects on growth, grain yield and yield components of malting barley. *Field Crop Res.* 1995, **43(2-3)**: 87-99.
2. Bertholdsson N.O.: Characterization of malting barley cultivars with more or less stable protein content under varying environmental conditions. *Eur. J. Agron.*, 1999, **10**: 1-8.
3. Fatyga J., Chrzanowska-Drożdż B., Liszewski M.: Wysokość i jakość plonów jęczmienia jarego pod wpływem różnych dawek azotu. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rolnictwo*, 1995, **278**: 29-36.
4. Forlin C.: Utvecklingsrelaterad godsling korn och havre. *Aktuellt Svalof*, 1987, **1**: 14-16.
5. Grashoff C., Antuono L.: Effect of shading and nitrogen application on yield, grain size distribution and concentrations of nitrogen and water soluble carbohydrates in malting spring barley. *Eur. J. Agron.*, 1997, **6**: 275-293.
6. Koziara W., Borówczak F., Grześ S.: Elementy struktury plonu jęczmienia jarego w zależności od deszczowania, nawożenia azotem i technologii uprawy. *Pam. Puł.*, 1999, **112**: 115-120.
7. Kruczek G.: Plonowanie i jakość ziarna jęczmienia jarego w zależności od nawożenia azotem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 1995, **421**: 233-237.
8. Liszewski M., Chrzanowska-Drożdż B.: Plonowanie jęczmienia jarego w zależności od przedplonu i nawożenia mineralnego. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rolnictwo*, 1995, **262**: 93-100.
9. Noworolnik K.: Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie jęczmienia jarego w różnych warunkach siedliska. *Monogr. i Rozpr.Nauk.*, Puławy, 2003, **8**.
10. Noworolnik K.: Wpływ odmian i dawki azotu na strukturę plonu i zawartość białka w ziarnie jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.*, 2008, **1(97)**: 261-269.
11. Noworolnik K., Leszczyńska D.: Porównanie reakcji odmian jęczmienia jarego na poziom nawożenia azotem. *Biul. IHAR*, 2002, **221**: 67-72.
12. Noworolnik K., Leszczyńska D.: Wpływ dawki azotu na plonowanie odmian jęczmienia jarego w doświadczeniu wazonowym. *Biul. IHAR*, 2005, **237/238**: 67-73.
13. Pecio A.: Środowiskowe i agrotechniczne uwarunkowania wielkości i jakości plonu ziarna jęczmienia browarnego. *Fragm. Agron.*, 2002, **4(76)**: 4-112.
14. Pecio A.: Zróżnicowanie zawartości białka w ziarnie odmian jęczmienia browarnego zależnie od stanu odżywienia roślin azotem. *Pam. Puł.*, 2005, **139**: 145-160.
15. Weston T., Horsley R., Schwarz P., Goos R.: Nitrogen and planting effects on low-protein spring barley. *Agron. J.*, 1993, **85**: 1170-1174.
16. Wróbel E.: Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i jakość białka ziarna jęczmienia jarego i owsa uprawianych na paszę. *Acta Acad. Agric. Tech. Olst., Agricultura*, 1993, **56(449)** supl. B.
17. Wyszynski Z., Gozdowski D., Pietkiewicz S., Łoboda T.: Plon ziarna jęczmienia jarego i jego składowe w zależności od rodzaju i dawki nawozów azotowych. *Fragm. Agron.*, 2007, **2(94)**: 418-426.

EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION ON YIELDING AND GRAIN QUALITY OF NEW CULTIVARS OF SPRING BARLEY

Summary

Two series of pot experiment (Mitscherlich pot) were carried out to determine the response of new spring barley cultivars: Nadek, Sebastian, Widawa and Frontier (2004–2005) oraz Ryton, Mauritia, Nagrałowicki and Tocada (2005–2007) to three nitrogen rates – 1, 2 and 3 g N per pot. Grain yield, yield components, protein content in grain, protein yield and grain fraction > 2.5 mm of cultivars were estimated.

All the cultivars showed a significant increase of grain yield at 2 g N per pot. The Nadek, Widawa, Ryton, Nagrałowicki and Tocada cultivars showed further significant increase of grain yield at 3 g N per pot. All the cultivars showed a great increase of protein content in grain, as well as protein yield increment with an increase of nitrogen rate to 3 g N per pot. The highest protein yield increase was shown by Nadek, Widawa and Tocada cultivars. The increase of grain yield was related to the increase of productive tillering rate.

Praca wpłynęła do Redakcji 27 X 2009 r.

ANNA PODLEŚNA

Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

WPŁYW SIARKI NA JAKOŚĆ TECHNOLOGICZNĄ ZIARNA PSZENICY

The effect of sulfur on technological quality of wheat grain

ABSTRAKT: Liczne badania potwierdzają, że właściwe zaopatrzenie pszenicy w siarkę daje gwarancję poprawy jej cech technologicznych. Stwierdza się wówczas polepszenie celności i wyrównania oraz szklistości, a także wzrost w ziarnie zawartości białka i glutenu. Stosowanie siarki powoduje korzystne zmiany w charakterystyce mąki, w tym przede wszystkim podnosi zawartość białka i glutenu, a także obniża rozpuszczalność glutenu. Pozwala na uzyskanie mąki mocnej, która daje ciasto charakteryzujące się mniejszą opornością na rozciąganie i większą rozciągliwością. Dzieje się tak dzięki obecności siarki w głównych frakcjach białek tworzących gluten, który buduje przestrzenną sieć składającą się z łańcuchów polipeptydowych połączonych ze sobą wiązaniami międzycząsteczkowymi. Bardzo ważną rolę odgrywają tu wiązania dwusiarczkowe, dzięki którym gluten, a później także ciasto, charakteryzuje się odpowiednią elastycznością i rozciągliwością.

słowa kluczowe – key words:

białka pszenicy – wheat proteins, aminokwasy siarkowe – sulphur amino-acids, cechy mąki – flour properties, cechy reologiczne ciasta – rheological properties of dough, wartość wypiekowa mąki – breadmaking quality

WSTĘP

Polska jest krajem o długiej tradycji uprawy zbóż, a powierzchnia obsiewana nimi jest jedną z największych w Europie. Szacuje się, że z całkowitych zbiorów zbóż tylko około 21% przeznaczane jest na cele konsumpcyjne (26). Jednakże produkcja zbóż konsumpcyjnych wymaga zachowania odpowiednich standardów jakościowych. Jakość ziarna zależy przede wszystkim od genotypu (6) i warunków pogody (10, 31). W pewnym zakresie można ją także kształtować przez odpowiednią agrotechnikę, w której kluczowe znaczenie ma nawożenie. Główną rolę w kształtowaniu cech jakościowych pszenicy odgrywa azot (1, 6, 20, 22, 23, 31), ale wyniki doświadczeń wskazują, że ważne jest także właściwe zaopatrzenie roślin w inne składniki

pokarmowe (25). Od końca XX wieku dostrzega się również potrzebę nawożenia zbóż siarką, szczególnie w przypadku stosowania wysokich dawek nawozów azotowych. Często obserwuje się wówczas wzrost plonu ziarna oraz poprawę jego cech jakościowych (2, 4, 7, 13).

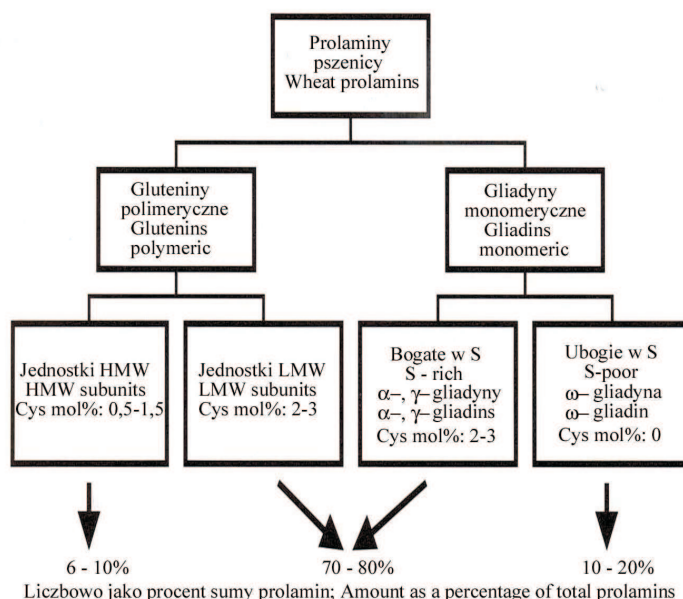
Siarka uważana jest za składnik niezbędny dla roślin (21). Od lat 80. ubiegłego wieku notowany jest w Polsce trend zmniejszania ilości gazowych związków siarki zanieczyszczających atmosferę, które w latach powojennych były głównym źródłem tego składnika dla roślin. Objawy niedoboru siarki w uprawach rzepaku – rośliny o największym zapotrzebowaniu na ten składnik, stwierdzano wcześniej w niektórych rejonach Polski (8, 35). Badania prowadzone w ostatnich latach na terenie naszego kraju potwierdzają, że istnieje realne zagrożenie wystąpieniem ujemnego bilansu siarki dla wielu roślin uprawnych (34). Chociaż zboża należą do grupy roślin uprawnych charakteryzujących się pozornie niewielkimi potrzebami względem siarki, to niebezpieczeństwo niedoboru siarki dotyczy również uprawy pszenicy – głównego zboża chlebowego w Polsce.

Celem pracy jest przegląd dostępnej literatury dotyczącej kształtowania się cech jakościowych pszenicy konsumpcyjnej w zależności od jej zaopatrzenia w siarkę.

CHARAKTERYSTYKA BIAŁEK PSZENICY

Jak podaje Miś (18), ziarno pszenicy zawiera bardzo wiele składników różniących się budową cząsteczkową, właściwościami fizykochemicznymi i funkcjonalnymi. Jego główną masę stanowi skrobia (60–70%) i białka (10–17%), a znacznie mniejszy udział mają pentozany, cukry, celuloza, tłuszcze i sole mineralne. Podobnie biała mąka zawiera głównie skrobię (około 70–80% s.m.), a znacznie mniejszą ilość białka (10–15% s.m.) oraz innych składników (29). Jednakże w określaniu funkcjonalnych właściwości mąki pszennej największą rolę odgrywają białka.

Zgodnie z klasyfikacją Osborne’a (cyt. za 18), opartą na rozpuszczalności, białka pszenicy dzieli się na 4 rodzaje: albuminy, globuliny, prolaminy i gluteliny. Albuminy i globuliny spełniają funkcje strukturalne i katalityczne w ziarniakach. Ze względu na dużą rozpuszczalność są tracone podczas wymywania glutenu. Według ostatnich badań przyjmuje się, że gluten pszenicy składa się z ponad 50 komponentów białkowych, które tradycyjnie są klasyfikowane do dwóch grup: gliadyn i glutenin (29). Zdaniem Osborne’a (cyt. za 18) pierwsze zaliczane są do prolamin, a drugie do glutelin. Z kolei z nowszych badań Payne’a i in. (cyt. za 16) oraz Shewry’ego i in. (29) wynika, że można obie te grupy zaliczyć do prolamin, choćby ze względu na ich rozpuszczalność w mieszaninie alkoholu i wody. Taką klasyfikację przyjmują również Zhao i McGrath (36). Gliadyny i gluteniny pełnią w ziarnie funkcję białek zapasowych, a w cieście – funkcję strukturotwórczą (16). Podział prolamin na grupy oraz ich główne cechy przedstawiono na rysunku 1.



Rys.1. Skład prolamin glutenu pszenicy
Composition of wheat gluten prolamins (35)

Gluteniny są białkami złożonymi z wielu łańcuchów polipeptydowych, które łączą się ze sobą mostkami dwusiarczkowymi (18). W wyniku redukcji wiązań dwusiarczkowych w białkach gluteninowych uzyskuje się szereg podjednostek, które dzielą się na dwie grupy: gluteniny wysokocząsteczkowe (HMW) i gluteniny niskocząsteczkowe (LMW). Obecnie znane są już *loci* genów, przez które kodowane są gluteniny wysoko- i niskocząsteczkowe (18).

Gliadyny są białkami zbudowanymi z pojedynczych łańcuchów polipeptydowych, które zgodnie z ich elektroforetyczną mobilnością dzielimy na 4 grupy: α - (najszybsze), β -, γ -, i ω -gliadyny (najwolniejsze); (18). W zależności od zawartości aminokwasu siarkowego – cysteiny, białka te dzielą się na dwie podgrupy: α -, β - i γ -gliadyny, które zawierają cysteinę, dzięki czemu mogą formować wewnątrzcząsteczkowe wiązania dwusiarczkowe, oraz ω -gliadyny nie zawierające tego aminokwasu.

W badaniach Zhao i McGrath (35) stwierdzono, że efektem deficytu siarki było obniżenie w mące całkowitej ilości polimerycznych białek, tj. glutenin, w tym głównie podjednostek LMW. Dodatek nawozu siarkowego nie wpłynął na zawartość białka w ziarnie, lecz powodował większą produkcję żelu białkowego, który składa się w przewadze z gluteniny. A zatem siarka może mieć wpływ na jakość wypiekową mąki przez oddziaływanie na ilość białek bogatych w siarkę (+S), czyli

α -, β - i γ -gliadyn oraz LMW glutenin. Białka te stanowią 80% białek glutenowych i ze względu na zawartość reszt Cys są zdolne do tworzenia licznych wiązań -S-S-. Szczegółowy opis budowy i funkcji białek prolaminowych przedstawia Kączkowski (15).

WPLYW BIAŁEK GLUTENOWYCH NA WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE GLUTENU, CIASTA I CHLEBA

Podczas zmieszania mąki z wodą, w procesie wyrabiania ciasta, białka glutenowe (gliadyny i gluteniny) formują gluten, który jest czynnikiem strukturotwórczym ciasta pszennego (16). Gluten jest lepko-sprężystą substancją, która spaja w jedną całość ziarna skrobi i pozostałe składniki mąki (18). Shewry i in. (29) określają gluten jako wysoce zwartą frakcję charakteryzującą się kombinacją dwu właściwości: elastyczności i rozciągliwości. Ten układ właściwości i precyzyjne zbilansowanie pomiędzy nimi są ważne w determinowaniu przydatności pszenicy dla różnych celów. Elastyczność przejawia się zdolnością glutenu do rozciągania (3). Podczas rozciągania w palcach gluten stawia opór. Im opór większy, tym gluten jest silniejszy.

Na poziomie cząsteczkowym gluten stanowi przestrzennie ciągłą sieć zbudowaną z łańcuchów polipeptydowych zespolonych ze sobą poprzez wiązania międzycząsteczkowe, z których najważniejsze to wiązania dwusiarczkowe. Od koncentracji i wytrzymałości tych wiązań zależą bezpośrednio właściwości fizyczne glutenu, a więc w konsekwencji także jakość ciasta i chleba. W piekarstwie wymagana jest mąka, która po zmieszaniu z wodą daje ciasto elastyczne i sprężyste (16). Wydzielające się w czasie fermentacji ciasta pęcherzyki CO₂ są otoczone elastyczną błoną, a w miarę fermentacji powiększa się ich liczba i objętość, co powoduje rozciąganie błony. W efekcie powstają pory, które charakteryzują się określoną wielkością i równomiernością rozmieszczenia w cieście. Jeśli błona ciasta, którą tworzą białka glutenowe, nie jest wystarczająco elastyczna, to pory ulegają spłaszczeniu, ciasto nie wyrasta dostatecznie, a gotowy produkt po upieczeniu cechuje się niewłaściwą porowatością i małą objętością. Natomiast gluten „mocny” (tzn. bardziej sprężysty niż elastyczny) warunkuje otrzymanie ciasta z trudem poddającego się rozciąganiu pod wpływem wydzielającego się CO₂, tworzącego zwartą, elastyczną, trójwymiarową strukturę (9). Przedstawiony model procesu fermentacji ciasta funkcjonuje dotychczas w nauce, chociaż zdaniem Shewry’ego i in. (29) nie jest on jeszcze w pełni poznany. W świetle dotychczasowej wiedzy przyjmuje się, że obie frakcje białek glutenowych (gliadyny i gluteniny) odgrywają odmienne role w kształtowaniu właściwości reologicznych glutenu. Gliadyny nadają glutenowi właściwości lepkiej cieczy i przyczyniają się do zwiększania jego rozciągliwości (18). Natomiast gluteniny są odpowiedzialne za sprężystość i wytrzymałość glutenu. Wzrost udziału glutenin przyczynia się do zwiększenia oporności ciasta na rozciąganie, wydłużenia czasu rozwoju ciasta i wzrostu objętości chleba. Zdaniem Misia (18) gluten o wysokiej

jakości odznacza się dużą wodochłonnością, elastycznością i zwięzłością, a w interakcji z pozostałymi składnikami mąki daje ciasto o długim czasie rozwoju i stałości oraz chleb o dużej objętości z równomiernie porowatym i elastycznym miękiszem. Zarówno Miś (18), jak i Kączkowski (15) powołują się na liczne prace, które świadczą o tym, że gluteniny wysokocząsteczkowe (HMW) odgrywają znacząco większą rolę w kształtowaniu pożądanych właściwości glutenu oraz ciasta i chleba niż gluteniny niskocząsteczkowe (LMW), bowiem wyższy udział HMW podnosi wytrzymałość ciasta i objętość chleba. Jednakże dla uzyskania optymalnych właściwości ciasta i chleba konieczna jest obecność zarówno HMW, jak i LMW glutenin, ponieważ, jak podają Yoshida i Danno (cyt. za 18), nieobecność jednej z dwóch głównych frakcji białek glutenowych skutkuje formowaniem się glutenu i ciasta o złej jakości. Kączkowski (15) twierdzi, że nie skład podjednostkowy, ale procentowy udział frakcji HMW w białkach zapasowych ziarniaków ma zasadniczy wpływ na właściwości reologiczne ciasta i jakość pieczywa.

ZNACZENIE AMINOKWASÓW SIARKOWYCH W KSZTAŁTOWANIU JAKOŚCI ZIARNA PSZENICY

Jak zostało wykazane w poprzednich rozdziałach pracy, ważną cechą ziarna pszenicy i białka jest zawartość aminokwasów siarkowych, bowiem zawartość cysteiny we frakcjach glutenin i gliadyn kształtuje ich specyficzne właściwości. Obecnie nie ma wątpliwości, że kiedy dostępność siarki jest zbyt mała, syntetyzowane białka mają niską zawartość cystyny/cysteiny oraz metioniny. Zdaniem Mossa i in. (20) w pełni uzasadniona jest sugestia, że zmiany w składzie białka wywołane deficytem siarki są, przynajmniej częściowo, odpowiedzialne za zmiany w rozciągliwości i oporności glutenu, bowiem grupy sulfhydrylowe i dwusiarczkowe od dawna są uznawane za ważne w kształtowaniu jego kleisto-elastycznych właściwości. A zatem deficyt białek glutenowych, które są bogate w cysteinę i metioninę (10), zmniejsza zdolność do formowania wiązań międzymolekularnych oraz może pośrednio osłabiać wiązania innych typów. Z badań Mossa i in. (20) wynika, że grupy endogennej cysteiny i cystyny biorą udział w tworzeniu kleistości ciasta, natomiast wzrastająca oporność na rozciąganie ciasta o niskiej zawartości siarki jest spowodowana brakiem możliwości połączeń dwusiarczkowych pomiędzy łańcuchami białka glutenowego. Wymienieni autorzy wykazali, że kiedy koncentracja siarki jest niska, rozmiękczenie ciasta jest hamowane (opóźniane), co prowadzi do większej oporności na rozciąganie i w konsekwencji – mniejszej rozciągliwości. W efekcie zarówno objętość, jak i wygląd bochenka nie są zadowalające. W innych badaniach stwierdzono, że nawożenie pszenicy siarką spowodowało 14,3 i 23,7% wzrost zawartości cysteiny oraz metioniny (13). Badania potwierdzają również zmiany zawartości treoniny i lizyny, co wskazuje na wpływ nawożenia S na wzajemne proporcje aminokwasów w białku (tab. 1). Wyniki te są zgodne z rezultatami badań Byersa i Boltana (4) oraz Mortensena i Eriksena (19).

Tabela 1

Wpływ siarki na zawartość aminokwasów w ziarnie pszenicy
Effect of sulfur on amino acid content in grain of wheat

Źródło Source	Nawożenie (g·wazon ⁻¹) Fertilization (g pot ⁻¹)	Zawartość w ziarnie; Content in grain			
		metionina Met	cysteina Cys	lizyna Lys	treonina Thr
Mortensen i Eriksen (18)*	S ₀	0,61	0,99	3,03	1,89
	S _{0,05}	0,53	1,05	2,90	1,93
	S _{0,25}	0,88	1,52	2,22	2,22
Byers i Bolton (4)**	N _{0,1} S ₀	1,67	2,91	3,49	3,09
	N _{0,1} S _{0,7}	1,62	2,91	3,49	3,28
	N _{0,3} S ₀	0,83	1,24	2,66	2,27
	N _{0,3} S _{0,7}	1,66	3,05	2,80	2,96

* zawartość wyrażona jako % N aminokwasowego w N całkowitym; as percent of amino-acid N in total N

** zawartość wyrażona w g aminokwasu w 100 g oznaczonych aminokwasów; g of amino-acid in 100 g of determined amino-acids

ROLA SIARKI W TWORZENIU JAKOŚCI TECHNOLOGICZNEJ ZIARNA PSZENICY

Cechy fizyczno-chemiczne ziarna

Cechy fizyczno-strukturalne masy ziarna, jak: szklistość, gęstość, wyrównanie i masa 1000 ziaren, są oznaczane w pierwszej kolejności i traktowane jako podstawowe wskaźniki jego jakości. Jednocześnie świadczą pośrednio o wartości przemysłowej danej partii ziarna (14). Wartości celności i wyrównania wskazują na dorodność badanego ziarna, podobnie jak masa 1000 ziaren, i cechy te są wzajemnie ze sobą powiązane. Potwierdzają to statystyczne zależności pomiędzy masą 1000 ziaren a celnością ziarna ($r = 0,766$) oraz między masą 1000 ziaren a wyrównaniem ($r = 0,392$); (5). Badania polowe z pszenicą ozimą wykazały statystycznie istotne i korzystne oddziaływanie siarki nawozowej na celność i wyrównanie (24). Stwierdzono również wpływ tego składnika na wzrost szklistości ziarna, co ma znaczenie zarówno z punktu widzenia technologii młynarstwa, jak i piekarstwa. Ziarna szkliste cechuje zwarta struktura bielma i często zawierają one więcej związków białkowych, w tym białek glutenowych (5). Wprawdzie szklistość ziarna jest cechą odmianową, ale w pewnym zakresie zależy także od nawożenia azotem (1) i siarką (24). Siarka nawozowa powoduje na ogół wzrost zawartości białka i glutenu, które są bardzo ważnymi cechami chemicznymi ziarna, a niekiedy są uznawane za podstawowe wskaźniki jakościowe (12, 28, 37). Sporadycznie spotykany spadek zawartości białka w ziarnie z obiektu nawożonego siarką tłumaczony jest jej działaniem plonotwórczym, podobnie jak efekt rozcieńczenia azotu w ziarnie. Zmianom tych cech często towarzyszy poprawa biologicznej jakości białek poprzez wzrost wartości indeksu glutenu. Po zastosowaniu siarki obserwuje się także wzrost (12, 13) lub obniżenie liczby opadania (24). Przyjmuje się, że gwarancją uzyskania mąki pszennej o odpo-

wiednim poziomie liczby opadania jest stosowanie do przemiału surowca o liczbie opadania w granicach 200–300 s. Wartości poniżej 150 i powyżej 400 s wskazują odpowiednio na możliwość wystąpienia problemów w czasie przechowywania ziarna i niekorzystny wpływ na proces wypieku chleba (17).

Wartość przemiałowa ziarna

Wartość przemiałowa ziarna jest rozumiana jako właściwości zapewniające uzyskanie z danego ziarna mąki o wysokiej jakości i dobrej wydajności (14). W sposób pośredni wartość przemiałową można ocenić za pomocą wskaźników odnoszących się do ziarna, tj. wilgotności, masy w stanie zsypanym (masy hektolitra ziarna), wyrównania, ilości zanieczyszczeń oraz zawartości popiołu. O wartości przemiałowej ziarna świadczy także wydajność mąki oraz wydajność otrąb śrutowych (tzw. grubych) i wymiałowych (tzw. drobnych); (14). W badaniach pszenicy ozimej i jarej stwierdzono, że zastosowanie siarki nie ma wpływu na wyciąg mąki i zawartość otrąb (23, 24). Stwierdzono natomiast jego istotny i pozytywny wpływ na obniżenie zawartości popiołu oraz wzrost wartości celności i wyrównania w stosunku do ziarna pszenicy nie nawożonej siarką (24). Hrivna i in. (12) uzyskali wzrost gęstości ziarna w stanie zsypanym pszenicy uprawianej na obiektach, gdzie stosowano nawozy siarkowe, w porównaniu z kontrolą.

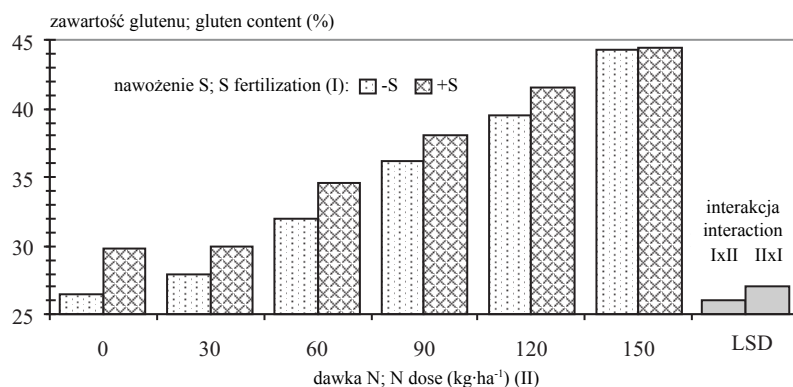
Cechy chemiczne mąki

Podleśna i Cacak-Pietrzak (22) oraz Podleśna i in. (24) stwierdzili po zastosowaniu siarki nawozowej tendencję do obniżenia zawartości popiołu, ale zarówno dla pszenicy jarej, jak i ozimej nie są to różnice udowodnione statystycznie. W pracach tych nie stwierdza się także wzrostu zawartości białka ogółem w mące pszenicy. Przeciwnie wyniki otrzymali Järvan i in. (13), którzy obserwowali, że nawożenie azotowo-siarkowe spowodowało wzrost zawartości białka w mące o 15,8–38,4% (tab. 2). Według Haneklaus i in. (11) całkowita zawartość białka w ziarnie pszenicy, która jest ściśle związana z zawartością siarki, wpływa bezpośrednio na zawartość glutenu. W doświadczeniach wykazano bowiem, że zastosowanie siarki powoduje wzrost zawartości glutenu w mące o 22,4–48,5% w stosunku do obiektów nawożonych tylko azotem (tab. 2). Inne badania także potwierdzają wzrost zawartości glutenu po aplikacji S (rys. 2), chociaż można liczyć się z pogorszeniem jego wartości, o czym świadczą wartości testu sedymentacyjnego Zeleny'ego (22, 24). Z kolei rozpląwalność jest „zdolnością” glutenu do deformacji w określonym czasie. Im rozpląwalność glutenu w jednostce czasu jest większa, tym jest on słabszy. Wysokie wartości tego parametru świadczą o nadmiernej aktywności enzymów proteolitycznych, które rozkładają białko przyczyniając się do obniżenia jakości mąki (3). Pszenica jara uprawiana bez nawożenia siarką miała wysoką wartość rozpląwalności glutenu, natomiast zastosowanie siarki obniżyło ten wskaźnik poniżej wartości granicznej 9,0 mm (22).

Tabela 2

Wpływ nawożenia siarką na właściwości wypiekowe pszenicy ozimej
The effect of sulfur fertilization on baking properties of winter wheat (13)

Właściwości Properties	Lokalizacja i nawożenie Location and treatment (kg ha ⁻¹)				Mąka standardowa Standard flour T-550
	Auksi-Otsa		Auksi-Oru		
	N ₇₅	N ₇₅ S ₁₀	N ₇₅	N ₇₅ S ₁₀	
Mąka; Flour:					
Białko; Protein (%)	9,5	11,0	8,6	11,9	11,9
Liczba opadania; Falling number (s)	372	377	317	380	349
Gluten mokry; Wet gluten (%)	21,9	26,8	19,6	29,1	28,1
Indeks glutenu; Gluten index (%)	97	93	97	97	99
Ciasto; Dough:					
Wodochłonność; Water absorption (%)	58,3	55,8	55,5	60,6	57,1
Czas rozwoju; Development time (min)	1,8	1,7	1,5	2,2	1,7
Czas stałości; Stability (min)	2,9	6,3	2,4	4,2	11,6
Liczba jakości; Quality number	31	40	24	34	38
Chleb; Bread:					
Objętość; Volume (cm³)	1252	1551	1095	1465	1640
Porowatość miększu; Porosity of crumb (%)	79	79	76	77	82
Wysokość : średnica; height : diameter	0.41	0.54	0.47	0.64	0.42



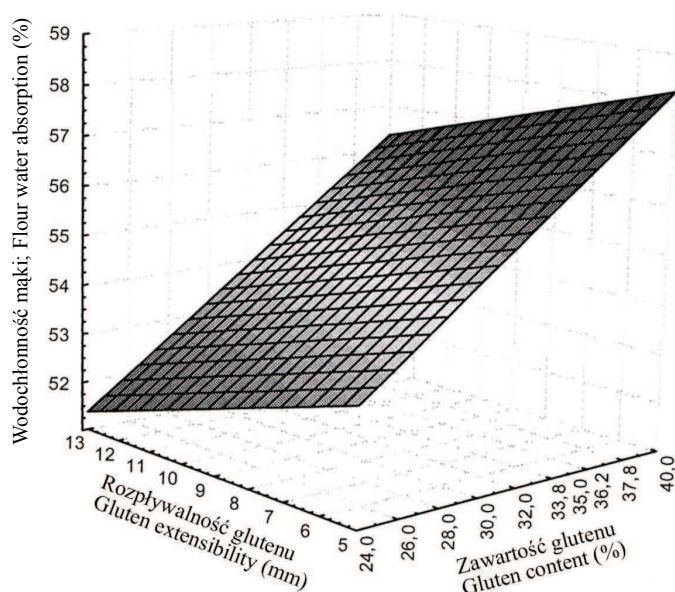
Rys. 2. Wpływ siarki i azotu na zawartość glutenu w ziarnie pszenicy ozimej
Effect of sulfur and nitrogen on gluten content in winter wheat grain (23)

Przedstawione wyniki wskazują na korzystne oddziaływanie siarki, ponieważ, jak wiadomo, im większa ilość glutenu i lepsza jego jakość (tj. niższa rozpyływalność), tym ziarno stanowi lepszy surowiec do wypieku chleba (17).

Cechy reologiczne ciasta pszennego

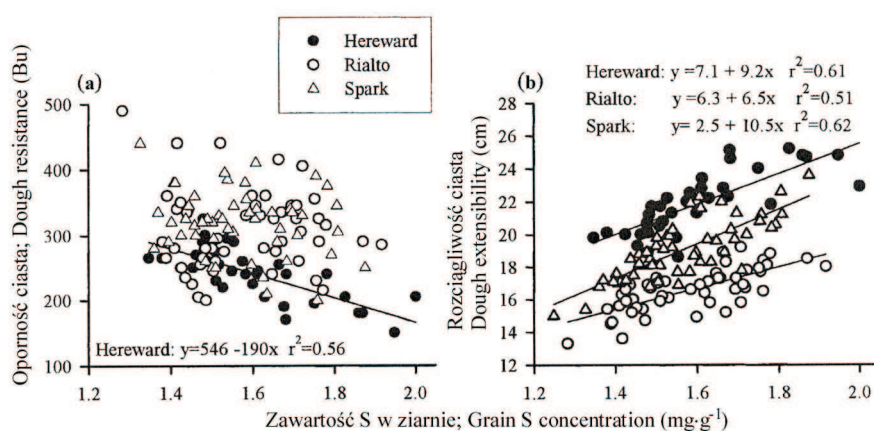
Uzyskanie pełnej i wiarygodnej informacji na temat przydatności wypiekowej mąki ma zasadnicze znaczenie zarówno dla młynarza, jak i piekarza. Metody pośrednie oceny wartości wypiekowej ziarna pszenicy i mąki pszennej, na podstawie: zawartości białka, wskaźnika sedimentacyjnego Zeleny'ego, ilości i jakości glutenu oraz liczby opadania, nie zawsze w pełni wystarczają do określenia jakości ciasta pszennego. Najpełniejsze informacje o cieście uzyskuje się w wyniku oceny reologicznej, co według definicji oznacza ocenę plastycznej deformacji (odkształcenia) i płynięcia ciasta. Poza charakterystyką samego ciasta ocena reologiczna pozwala określić także cechy glutenu (32). Znając cechy reologiczne mąki pszennej można ocenić możliwości jej wykorzystania do określonego celu, np. do produkcji pieczywa, herbatników czy ciasta na pizzę.

Pierwszym etapem oznaczania cech reologicznych ciasta w trakcie jego tworzenia jest określenie wodochłonności mąki, czyli określenie ilości wody, którą trzeba dodać do próbki mąki o określonej masie i wilgotności, aby konsystencja ciasta była równa 500 j.B. Z badań prowadzonych przez Subdę i in. (33) wynika, że na wodochłonność mąki korzystny wpływ miało białko ogółem, glutenina wysoko-cząsteczkowa (HMW), pentozany oraz aktywność amylolityczna i proteolityczna. Szczegółowe badania prowadzone przez Różyło i Laskowskiego (27) wykazały, że wodochłonność mąki uzyskanej z pszenicy jarej była liniowo dodatnio zależna od zawartości białka ($r = 0,86$), liczby opadania ($r = 0,84$) oraz od zawartości glutenu ($r = 0,88$) i jego rozplywalności, co przedstawia rysunek 3. A zatem korzystne dzia-



Rys. 3. Wpływ zawartości glutenu i jego rozplywalności na wodochłonność mąki
Effect of wet gluten content and gluten extensibility on flour water absorption (27)

łanie siarki powodujące wzrost zawartości białka i glutenu, co wykazano we wcześniejszych rozdziałach niniejszej pracy, przekłada się na poprawę cech reologicznych ciasta. Jednakże doniesienia naukowe odnośnie bezpośredniego wpływu siarki na wodochłonność mąki są sprzeczne, tak jak w przypadku azotu (30). Järvan i in. (13) stwierdzili zarówno spadek, jak i wzrost wodochłonności pod wpływem siarki, co wynikało z różnych warunków panujących w miejscu prowadzenia doświadczenia (tab. 2). Natomiast inne badania z pszenicą wskazują na brak wpływu siarki nawozowej na tę cechę lub obniżenie wodochłonności mąki (22, 23, 38). Jednakże wydaje się, że korzystne oddziaływanie siarki można stwierdzić w odniesieniu do innych parametrów opisujących właściwości reologiczne, tj. czasu rozwoju i czasu stałości oraz rozmiękczenia ciasta i liczby jakości. W badaniach Mossa i in. (20) zwiększone zaopatrzenie roślin w siarkę, zwłaszcza przy obecności właściwej ilości azotu, powodowało wydłużenie czasu rozwoju ciasta. Korzystny wpływ nawozów siarkowych na wydłużenie rozwoju i stałości ciasta, jak również na zmniejszenie rozmiękczenia oraz wzrost liczby jakości stwierdzono także w innych pracach (13, 22, 24). Wyniki badań Stępniewskiej (32) wskazują, że mąka mocna daje ciasto charakteryzujące się dużym oporem i małą rozciągliwością. Dzięki temu może być długo fermentowane, nie tracąc swojej „mocy” i elastyczności oraz zachowując dobre właściwości wypiekowe. Chleb uzyskany z takiego ciasta ma odpowiednią objętość i porowatość. Jednakże oporność ciasta, w badaniach Zhao i in. (37), korelowała negatywnie z zawartością S w ziarnie i dodatkowo wykazywała zróżnicowanie międzyodmianowe (rys. 4). Stwierdzono, że oporność ciasta wykazywała najlepszą korelację z żelam proteinowym. Z kolei rozciągliwość ciasta korelowała pozytyw-



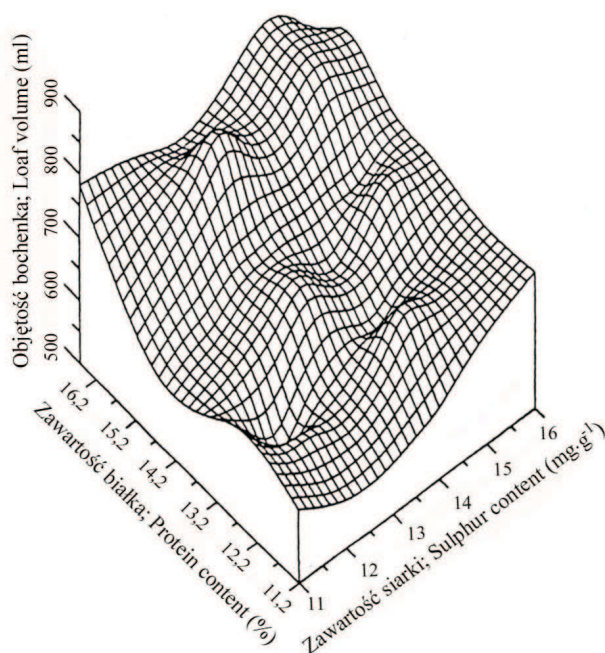
Rys. 4. Zależności pomiędzy zawartością siarki w ziarnie a (a) opornością ciasta i (b) rozciągliwością ciasta

Relationships between grain S concentration and (a) dough resistance and (b) dough extensibility (37)

nie zarówno z zawartością S (rys. 4), jak i N w ziarnie. Frakcja żelu proteinowego składa się głównie z polimerycznych glutenin. Dodatek siarki zwiększył zawartość żelu proteinowego, co było związane ze wzrostem ilości podjednostek LMW glutenin, a co potwierdza wpływ S na skład białka glutenu. Obniżona elastyczność i podwyższona rozciągliwość ciasta oraz frakcje żelu proteinowego, które występują w warunkach wysokiej dostępności S, potwierdzają wcześniejsze wyniki (20, 38).

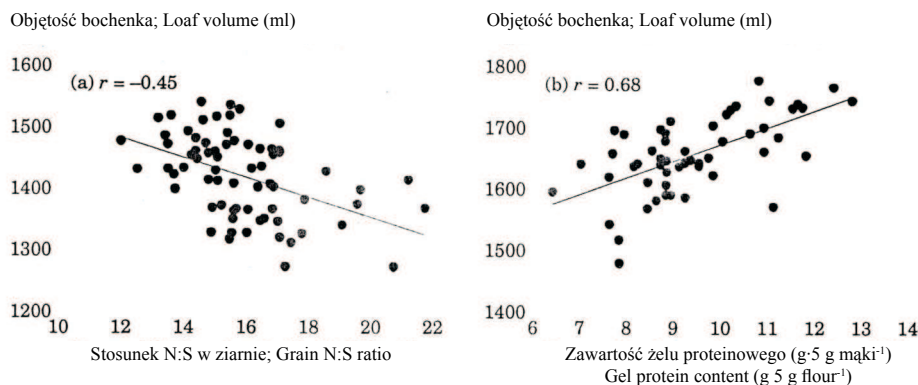
Wpływ nawożenia siarką na cechy pieczywa

Według Haneklaus i in. (11) jakość wypiekowa pszenicy jest cechą kompleksową, która zależy od wielu różnych czynników. Bezpośrednią metodą określenia wartości wypiekowej mąki pszennej jest wypiek laboratoryjny i ocena uzyskanego pieczywa. Järvan i in. (13) uważają, że właściwości wypiekowe pszenicy ozimej pogarszają się, jeśli wykazuje ona deficyt siarki, niezależnie od zastosowanego nawożenia azotem. W tych warunkach zarówno jakość ciasta, jak też objętość bochenka oraz stosunek jego wysokości do szerokości ulegają obniżeniu. Badania wymienionych autorów wykazały, że objętość bochenków wyprodukowanych z pszenicy nawożonej tylko azotem była od 23,9 do 33,8% mniejsza niż upieczonych z pszenicy nawożonej zarówno azotem, jak i siarką. Także inni autorzy potwierdza-



Rys. 5. Objętość bochenka w zależności od zawartości siarki i białka w ziarnie
Loaf volume depending on sulphur and protein concentration in the grain (11)

ją, że nawożenie siarką, zwłaszcza przy optymalnym zaopatrzeniu w azot, wpływa na wzrost objętości chleba (20, 22, 24). Stwierdzono ponadto wzrost porowatości miękiszu i chociaż jego masa nie zmieniała się, to objętość pieczywa z ziarna roślin nawożonych siarką wzrastała. Również Zhao i in. (37) podają, że dodatek siarki w doświadczeniach zlokalizowanych w dwu miejscowościach, spowodował wzrost objętości bochenka. Z kolei Haneklaus i in. (11) twierdzą, że zarówno zawartość siarki w ziarnie, jak i zawartość białka wykazują interakcje we wpływie na objętość bochenka (rys. 5), chociaż te efekty nie mają postaci zależności liniowej w pełnym przedziale obserwowanych zawartości. Jednak zdaniem tych autorów najmniejszy wpływ obu parametrów na objętość bochenka był obserwowany, jeśli zawartość S wynosiła $1,5 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$, a azotu powyżej 1,6%. Wzrastająca koncentracja siarki w ziarnie jest bezpośrednio związana z poprawą jakości mąki, ponieważ wykazano, że różnica 0,1% S w ziarnie odpowiada średnio 40–50 ml objętości bochenka w testach piekarniczych. Również Zhao i in. (38) uważają, że w niektórych latach badań koncentracja S w ziarnie wykazywała lepszą korelację z objętością bochenka niż z zawartością białka. Wyniki tych badań wskazują, że aplikacja siarki nie wpływa bezpośrednio na zawartość białka, ale przyczynia się do wzrostu masy żelu proteinyowego w mące oraz ilości białek polimerycznych, czyli glutenin. Za pomocą regresji wykazano, że ważnym parametrem oddziałującym na objętość bochenka jest także stosunek N:S (rys. 6). W sezonach, kiedy proporcje N:S przybierały wyższe wartości, wskazujące na niedobór S, bochenki były mniejsze. Ten występujący niekiedy brak zbilansowania między azotem i siarką w ziarnie pszenicy, który przejawia się proporcją N:S większą niż 16, wskazuje na słabą jakość ziarna do wypieku chleba. O sile tej zależności świadczy również fakt, że reakcja objętości pieczywa na nawożenie siarką była obserwowana częściej niż reakcja plonu ziarna.



Rys. 6. Zależności pomiędzy objętością bochenka a stosunkiem N:S w ziarnie (a) i zawartością żelu proteinowego (b)

Relationships between loaf volume and grain N:S ratio (a) and gel protein concentration (b) (38)

PODSUMOWANIE

Od dawna znana jest ścisła zależność pomiędzy jakością ziarna pszenicy a zaopatrzeniem roślin w azot. Okazuje się jednak, że ważną rolę w tym aspekcie spełnia również siarka. Właściwe zaopatrzenie pszenicy w ten składnik warunkuje uzyskanie oczekiwanego plonu, a także utrzymanie jego jakości na poziomie gwarantującym wysokie parametry technologiczne. Jednakże dotychczas nie było w literaturze polskiej opracowania wyjaśniającego te zawiłe zjawiska. Wydaje się zatem, że istnieje potrzeba uporządkowania i podsumowania dotychczasowych badań. Jest bowiem bezsporne, że nawożenie siarką ma duży wpływ na jakość wypiekową mąki. Jest to spowodowane kluczowym znaczeniem połączeń dwusiarczkowych w utrzymywaniu funkcjonalności glutenu. Połączenia te są tworzone z reszt cysteiny w obrębie tej samej molekuly (łańcuch wewnętrzny) albo przez połączenie dwu białkowych podjednostek (łańcuch zewnętrzny). Lepkość (rozciągliwość) ciasta jest przypisywana głównie monomerycznym gliadynom, które tworzą tylko wewnętrzne łańcuchy lub połączenia bezsiarkowe, podczas gdy elastyczność ciasta jest związana z polimerycznymi gluteninami, które tworzą połączenia wewnętrzne i zewnętrzne. Należy pamiętać, iż deficyt siarki w uprawie pszenicy ma wpływ na skład białek glutenowych w ziarnie, prowadząc do zwiększonej syntezy białek ubogich w siarkę (ω -gliadyn i podjednostek glutenin o wysokiej masie cząsteczkowej – HMW) kosztem białek bogatych w S (tj. α - i γ -gliadyny oraz podjednostek glutenin o niskiej masie cząsteczkowej – LMW). Te zmiany składu są związane z obniżeniem rozciągliwości i wzrostem elastyczności ciasta, co nie jest korzystne, bo różne zastosowania mąki wymagają odpowiedniej równowagi między rozciągliwością i elastycznością.

Stwierdzone interakcje pomiędzy siarką i azotem w oddziaływaniu na plon i jego jakość wskazują, że wpływ nawożenia siarką nie może być rozpatrywany bez uwzględnienia azotu. Zbilansowane stosowanie azotu i siarki ma ogromny wpływ na jakość produkowanego ziarna. Czasem pojawiają się sprzeczności interesów pomiędzy plantatorami zbóż, których celem jest maksymalizacja plonu, a użytkownikami, którzy są zainteresowani jakością białka, a w przypadku pszenicy – przydatnością do wypieku chleba. Przedstawione wyniki pokazują, że cele te mogą być osiągnięte, jeśli rośliny pszenicy będą odpowiednio zaopatrzone w azot i siarkę.

LITERATURA

1. Achremowicz B., Zajac J., Styk B.: Wpływ podwyższonego nawożenia azotem na wartość technologiczną niektórych odmian pszenicy jarej i ozimej. *Rocz. Nauk Rol., A*, 1993, **110(1-2)**: 149-157.
2. Archer M.J.: A sand culture experiment to compare the effects of sulphur on five wheat cultivars (*T. aestivum* L.). *Aust. J. Agric. Res.*, 1974, **25**: 369-380.
3. Biller E., Wierzbicka A.: Ocena przydatności technologicznej mąki. Cz. I. Badanie przydatności technologicznej glutenu. W: *Wybrane procesy w technologii żywności*. Wyd. SGGW, 2003, 64-70.

4. Byers M., Bolton J.: Effects of nitrogen and sulphur fertilizers on the yield and S content, and amino acid composition of the grain of spring wheat. *J. Sci. Food Agric.*, 1979, **30**: 251-263.
5. Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T.: Cechy fizyko-chemiczne ziarna wybranych krajowych odmian pszenicy. *Pam. Puł.*, 1999, **118**: 35-43.
6. Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T.: Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy ozimej w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotowego. *Pam. Puł.*, 1999, **118**: 45-56.
7. Girma K., Mosali J., Freeman K. W., Raun W.R., Martin K.L., Thomason W.E.: Forage and grain yield response to applied sulfur in winter wheat as influenced by source and rate. *J. Plant Nutr.*, 2005, **28**: 1541-1553.
8. Grzebisz W., Fotyma E.: Ocena odżywienia siarką rzepaku uprawianego w północno-zachodniej Polsce. *Rośl. Oleiste*, 1996, **XVII (1)**: 275-280.
9. Grzesiuk S., Kulka K.: *Biologia ziarniaków zbóż*. PWN, Warszawa, 1988.
10. Hagel I.: Sulfur and baking-quality of bread making wheat. *Landbauforschung Völkenrode*, 2005, Special Issue **283**: 23-36.
11. Haneklaus S., Evans E., Schnug E.: Baking quality and sulphur content of wheat. I. Influence of grain sulphur and protein concentrations on loaf volume. *Sulphur Agric.*, 1992, vol. **16**: 31-34.
12. Hrivna L., Richter R., Ryant P.: Possibilities of improving the technological quality of winter wheat after sulphur fertilization. *Zesz. Nauk. AR Kraków*, 1999, **349**: 143-150.
13. Järvan M., Edesi L., Adamsom A., Lukame L., Akk A.: The effect of sulfur fertilization on yield, quality of protein and baking properties of winter wheat. *Agron. Res.*, 2008, **6(2)**: 459-469.
14. Jurga R.: Wartość przemiałowa i efektywność przemiału pszenicy. *Porad. Młyn.*, maj 2009, 39-40.
15. Kączkowski J.: Nowe poglądy na strukturę i funkcje białek zapasowych zbóż na przykładzie pszenicy (*Triticum aestivum* L.). *Biul. IHAR*, 2002, **223/224**: 3-31.
16. Majewska K.: Współczesne poglądy na chemizm i znaczenie technologiczne białek pszenicy. *Biul. Nauk. ART Olsztyn*, 1992, **1(10)**: 129-138.
17. Markowski J.: Wyróżniki jakościowe stosowane w skupie zbóż konsumpcyjnych oraz metody ich oznaczania. 2006: www.wir.org.pl/raporty/jakosczbz.htm
18. Miś A.: Wpływ wybranych czynników na wodochłonność i właściwości reologiczne glutenu pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.). *Acta Agrophys.*, *Rozprawy i Monografie*, 2005, **8**.
19. Mortensen J., Eriksen J.: Effect of sulphur on amino acid composition. *Norw. J. Agric. Sci.*, 1994, suppl. **15**: 135-142.
20. Moss H.J., Wrigley C.W., MacRitchie F., Randall P.J.: Sulfur and nitrogen fertilizers effects on wheat. II. Influence on grain quality. *Aust. J. Agric. Res.*, 1981, **32**: 213-226.
21. Podleśna A.: Wzrost, rozwój i plonowanie odmian rzepaku ozimego w zależności od nawożenia siarką. *Nawozy Nawoż.*, 2006, **1(26)**: 157-170.
22. Podleśna A., Cacak-Pietrzak G.: Kształtowanie plonu oraz parametrów przemiałowych i wypiekowych pszenicy jarej poprzez nawożenie azotem i siarką. *Pam. Puł.*, 2006, **142**: 381-392.
23. Podleśna A., Cacak-Pietrzak G.: Effects of fertilization with sulfur on quality of winter wheat: A case study of nitrogen deprivation. W: *Sulfur assimilation and abiotic stress in plants*; red.: Khan N.A. i in., Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008, 355-366.
24. Podleśna A., Cacak-Pietrzak G., Sowiński M.: Reakcja pszenicy ozimej na nawożenie siarką w doświadczeniu polowym. *Nawozy Nawoż.*, 2003, **4(17)**: 169-179.
25. Podolska G., Sułek A.: Główne elementy technologii produkcji decydujące o wysokiej jakości ziarna pszenicy. *Pam. Puł.*, 2002, **130**: 597-605.
26. *Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej*, 2007, GUS, Warszawa.
27. Różyło R., Laskowski J.: Wpływ właściwości pszenicy jarej na wodochłonność mąki. *Acta Agrophys.*, 2007, **9(3)**: 755-765.
28. Shahsavani S., Gholami A.: Effect of sulphur fertilization on breadmaking quality of three winter wheat varieties. *Pakistan J. Biol. Sci.*, 2008, **11(17)**: 2134-2138.

29. Shewry P.R., Tatham A.S., Lazzeri P.: Biotechnology of wheat quality. *J. Sci. Food. Agric.*, 1997, **73**: 397-406.
30. Stankowski S., Podolska G., Pacewicz K.: Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i jakość ziarna odmian pszenicy ozimej. *Ann. UMCS, sectio E*, 2004, **LIX**, **3**: 1363-1369.
31. Stankowski S., Smagacz J., Hury G., Ułasik S.: Wpływ intensywności nawożenia azotem na jakość ziarna i mąki odmian pszenicy ozimej. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 2008, **7(3)**: 105-114.
32. Stępniewska S.: Cechy reologiczne ciasta pszennego. *Prz. Żywn.-Młyn.*, 2009, maj, 12-14.
33. Subda H., Prorok D., Gbura E., Zeler J.: Skład chemiczny i wartość wypiekowa mąki pszennej. Część II. Wartość wypiekowa. *Biul. IHAR*, 1997, **201**: 101-107.
34. Szulc W.: Potrzeby nawożenia roślin uprawnych siarką oraz metody ich oznaczania. *Rozpr. Nauk. Monograf.*, **nr 332**, Wyd. SGGW, Warszawa, 2008.
35. Wielebski F.: Aktualne problemy nawożenia rzepaku w Polsce. W: *Zbilansowane nawożenie rzepaku. Aktualne problemy*; red.: W. Grzebisz, Wyd. AR, Poznań, 2000, 261-276.
36. Zhao F-J., McGrath S.: Importance of sulfur for the quality of breadmaking wheat and malting barley. W: *Sulfur Transport and Assimilation in Plants*; red.: J.C. Davidian i in., Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, 2003, 133-143.
37. Zhao F-J., Salmon S.E., Withers P.J.A., Evans E.J., Monaghan J.M., Shewry P.R., McGrath S.P.: Responses of breadmaking quality to sulphur in three wheat varieties. *J. Sci. Food Agric.*, 1999, **79**: 1865-1874.
38. Zhao F-J., Salmon S.E., Withers P.J.A., Monaghan J.M., Evans E.J., Shewry P.R., McGrath S.P.: Variation in the breadmaking quality and rheological properties of wheat in relation to sulphur nutrition under field conditions. *J. Cereal Sci.*, 1999, **30**: 19-31.

THE EFFECT OF SULFUR ON TECHNOLOGICAL QUALITY OF WHEAT GRAIN

Summary

Numerous studies confirmed, that proper supply of wheat at sulfur gives a guarantee of its technological features improvement. There is an improvement in the quality of physical and chemical features of grain like selectness and uniformity, glassiness, as well as increase of protein and gluten concentration in grain. Applying sulfur causes profitable changes at values of flour features, and most of all it increases protein and gluten content and decreases softening of gluten. By prolonging the time of dough development and stability, it permits to obtain a strong flour, which gives dough with a high resistance and small extensibility. It occurs due to the presence of sulfur in the main protein fractions which create gluten, which builds a spatial net consisting from polypeptide chains bound together with intermolecular bonds. Disulfide bonds play a very important role here, thanks to which gluten, and then dough, have a proper resilience and extensibility. Generally it is stated that beneficial effect of sulfur on wheat breadmaking quality are associated with decreased dough elasticity and increased extensibility resulting from the impact of sulfur on the amount and composition of the gluten protein. In the final step it is possible to obtain bread with good porosity and a great volume.

Praca wpłynęła do Redakcji 27 X 2009 r.

¹GRAŻYNA PODOLSKA, ²GRAŻYNA CACAK-PIETRZAK, ²ALICJA CEGLIŃSKA,
¹MARZENA MIKOS, ³JÓZEF CHRZANOWSKI

¹Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

²Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

³Pomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Gdańsku

WPLYW SPOSOBU APLIKACJI AZOTU NA WARTOŚĆ TECHNOLOGICZNĄ ODMIAN PSZENICY OZIMEJ

The influence of the method of nitrogen application on technological value of winter wheat cultivars

ABSTRAKT: Celem przedstawionych badań była ocena wpływu różnych sposobów aplikacji azotu na wartości wyróżników jakości przemiałowej ziarna i właściwości wypiekowych mąki pszenicy ozimej reprezentowanej przez odmiany zaliczone do jakościowej i chlebowej klasy technologicznej. W hipotezie roboczej założono, iż odmiany jakościowe i chlebowe mogą wykazać różną reakcję na sposób nawożenia azotem.

Badania przeprowadzono w latach 2005, 2006, 2007 w PODR Gdańsk. Doświadczenie założono metodą podbloków losowanych w trzech powtórzeniach. Zmienną pierwszego rzędu była odmiana: Bogatka, Finezja, Mewa, Turnia. Zmienną drugiego rzędu był sposób aplikacji azotu, podanego w dawce 120 kg N·ha⁻¹: 1) zastosowanie 50% dawki w okresie ruszenia wegetacji wiosną + 50% w fazie strzelania w źdźbła, 2) 40% w okresie ruszenia wegetacji + 20% w fazie strzelania w źdźbła + 40% w fazie kłoszenia, 3) 30% w okresie ruszenia wegetacji + 20% w fazie strzelania w źdźbła + 40% w fazie kłoszenia + 10% w fazie dojrzałości młecznej.

Przeprowadzono ocenę fizykochemiczną ziarna obejmującą określenie: gęstości ziarna w stanie zsypanym, MTZ, celności i wyrównania, szklistości i mączystości, zawartości popiołu całkowitego. Ponadto określono właściwości wypiekowe mąki i cechy reologiczne ciasta (na farinografie Brabendera). Wyniki opracowano statystycznie wykonując analizę wariancji. Istotność różnic między średnimi wyliczono posługując się testem Tukeya przy $\alpha = 0,05$.

Stwierdzono, że sposób aplikacji azotu różnicował cechy fizyczne ziarna, chemiczne mąki i cechy reologiczne ciasta. Istotnie wpływał na gęstość ziarna w stanie zsypanym, MTZ, szklistość, ilość glutenu, zawartość popiołu, wskaźnik sedymentacyjny, wodochłonność mąki, rozmiękczenie ciasta. Nie miał natomiast wpływu na celność ziarna, zawartość białka, liczbę opadania, wskaźnik sedymentacyjny, czas rozwoju ciasta, stałość ciasta i liczbę jakości.

Nie została potwierdzona hipoteza badawcza o jednakowej reakcji odmian z tej samej grupy technologicznej na sposób aplikacji azotu.

Stwierdzona interakcja odmiany i sposobu nawożenia azotem w kształtowaniu się większości cech wartości przemiałowej i wypiekowej mąki świadczy o odmiennej reakcji odmiany na sposób aplikacji azotu, co sugeruje, że technologia produkcji pszenicy ozimej na cele jakościowe powinna być opracowywana indywidualnie dla każdej odmiany.

słowa kluczowe – *key words*:

pszenica – *wheat*, odmiany – *cultivars*, wartość przemiałowa – *milling value*, wartość wypiekowa – *baking value*, cechy reologiczne ciasta – *reological property of dough*

WSTĘP

Pszenica jest jedynym zbożem uprawianym w Polsce, które wykorzystywane jest głównie na konsumpcję, przede wszystkim do wyrobu mąki i wypieku chleba. Ziarno takie musi charakteryzować się odpowiednią wartością technologiczną, na którą składa się wartość przemiałowa ziarna i wartość wypiekowa mąki (3, 12, 16, 18). Wartość tę określa się 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 mieszenia (właściwości reologiczne), czy o wartości przemiałowej (gęstość ziarna w stanie zsypanym); (14). Na wartość mąki duży wpływ ma jakość ziarna, która jest pochodną odmiany, warunków pogody, technologii produkcji oraz ich wzajemnych interakcji (1-4, 6, 9, 10). Spośród czynników agrotechnicznych największe znaczenie ma nawożenie azotem. Liczne badania wskazują, że wraz ze wzrostem dawki azotu następuje poprawa wartości wypiekowej (1-3, 5, 8, 9, 11, 12, 17). Mniej badań poświęcono wpływowi sposobu aplikacji azotu, chociaż w zasadzie literatura jest zgodna w stwierdzeniu o korzystnym wpływie późnych dawek azotu na parametry technologiczne ziarna.

Celem przedstawionych badań była ocena wpływu różnych sposobów aplikacji azotu na wartości wyróżników jakości przemiałowej ziarna i właściwości wypiekowych mąki z pszenicy ozimej reprezentowanej przez odmiany zaliczone do jakościowej i chlebowej klasy technologicznej. W hipotezie roboczej założono, iż odmiany jakościowe i chlebowe mogą wykazać różną reakcję na sposób nawożenia azotem.

METODYKA

Badania przeprowadzono w latach 2005, 2006, 2007 w Pomorskim Ośrodku Doradztwa Rolniczego. Doświadczenie założono metodą podbloków losowanych w trzech powtórzeniach. Zmienną pierwszego rzędu była odmiana, zmienną drugiego rzędu sposób nawożenia azotem. Uwzględniono cztery poziomy pierwszego czynnika (odmiany: Finezja i Turnia z grupy pszenic jakościowych (A) oraz Bogatka i Mewa z grupy pszenic chlebowych (B)) oraz trzy sposoby aplikacji azotu, podanego w dawce $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ (drugi czynnik). Pierwszy sposób uwzględnia zastosowanie 50% dawki w okresie ruszenia wegetacji wiosną + 50% w fazie strzelania w źdźbło, drugi – 40% w okresie ruszenia wegetacji + 20% w fazie strzelania w źdźbło + 40% w fazie kłoszenia, trzeci – 30% w okresie ruszenia wegetacji + 20% w fazie strzelania w źdźbło + 40% w fazie kłoszenia + 10% w fazie dojrzałości młecznej.

Doświadczenie prowadzono na glebie brunatnej wylugowanej na piasku słabo gliniastym, kompleksu żytniego dobrego, klasy bonitacyjnej IVb. Gęstość siewu wynosiła $550 \text{ ziaren} \cdot \text{m}^{-2}$. Siewu dokonano w trzeciej dekadzie września, a zbioru w fazie dojrzałości pełnej. Po zbiorze oznaczono cechy wartości technologicznej

ziarna, posługując się metodami powszechnie stosowanymi w laboratoriach zbożowo-młynarskich i piekarskich (14). Przeprowadzono ocenę fizykochemiczną ziarna obejmującą określenie: gęstości ziarna w stanie zsypanym, MTZ, celności i szklistości. Ponadto określono właściwości wypiekowe mąki (liczbę opadania wg PN-ISO 3093, zawartość białka wg PN-75/A-04018, wskaźnik sedymentacyjny Zeleny'ego – wg PN-ISO 5529, ilości glutenu mokrego wg PN-93/A-74042) i cechy reologiczne ciasta (przy użyciu farinografu Brabendera wg PN-ISO 5530-1). Wyniki opracowano statystycznie wykonując analizę wariancji, istotność różnic między średnimi oceniono posługując się testem Tukeya przy $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Stwierdzono wpływ odmiany, sposobu aplikacji azotu i współdziałanie czynników doświadczenia w kształtowaniu wartości technologicznej ziarna i mąki (tab. 1-3).

Gęstość ziarna w stanie zsypanym średnio z doświadczeń w latach badań wynosiła $75,4 \text{ kg}\cdot\text{hl}^{-1}$. Istotnie wyższą gęstość w stanie zsypanym stwierdzono u odmiany Bogatka (77,2) i Turnia (76,7) w porównaniu do odmian Finezja (73,6) i Mewa (74,0). Wystąpiła interakcja odmiany i sposobu nawożenia w kształtowaniu się masy hektolitra. Odmiana Bogatka uzyskała największy ciężar objętościowy w obiektach, w których azot aplikowano trzykrotnie w okresie wegetacji (40% w okresie ruszenia wegetacji + 20% w fazie strzelania w źdźbło + 40% w fazie kłoszenia), odmiany Finezja i Turnia w obiektach z dwukrotną aplikacją azotu (50% azotu w okresie ruszenia wegetacji + 50% w okresie strzelania w źdźbło), odmiana Mewa z czterokrotnym podaniem azotu (30% w okresie ruszenia wegetacji + 20% w fazie strzelania w źdźbło + 40% w fazie kłoszenia + 10% w fazie dojrzałości mleczej); (tab. 1).

Cacak-Pietrzak i in. (3) wykazali małe zróżnicowanie gęstości ziarna w stanie zsypanym pomiędzy odmianami, jednak wartości średnie były większe niż w przedstawionych badaniach i mieściły się w przedziale od $78,3$ do $81,5 \text{ kg}\cdot\text{hl}^{-1}$. Badania Stankowskiego i in. (15) wskazują na niewielki wpływ podziału dawki azotu na kształtowanie się omawianej cechy.

Odmiany różniły się między sobą masą tysiąca ziarn. Turnia i Bogatka cechowały się istotnie większymi wartościami MTZ niż Mewa i Finezja. Stosowanie azotu czterokrotnie w okresie wegetacji wpłynęło dodatnio na MTZ. Interakcja odmiany i terminu aplikacji azotu w kształtowaniu MTZ sprawiła, że odmiany Bogatka i Finezja osiągnęły najwyższą MTZ w przypadku stosowania azotu dwukrotnie w okresie wegetacji, u odmiany Mewa czterokrotna aplikacja azotu wpłynęła dodatnio na MTZ, u odmiany Turnia stwierdzono brak wpływu podziału dawki N na MTZ (tab. 1). Badania Cacak-Pietrzak i in. (3) wykazały, że okresy stosowania azotu miały niewielki wpływ na dorodność ziarna.

Odmiany różniły się celnością ziarna. Największą wykazała Turnia – 78,5%, najmniejszą Finezja – 54,9%. Średnio dla odmian nawożenie azotem nie miało wpływu

Tabela 1

Wpływ odmiany i sposobu nawożenia na właściwości fizyczne ziarna
The effect of cultivar and nitrogen fertilization on physical properties of grain

Cechy Traits	Odmiana Cultivar	Sposób nawożenia; Nitrogen supply*			Średnio dla odmian Mean for cultivars
		1	2	3	
Gęstość ziarna w stanie zsypanym Test weight (kg·hl ⁻¹)	Bogatka	75,9	79,0	76,7	77,2
	Finezja	76,4	69,9	74,5	73,6
	Mewa	74,1	71,8	76,1	74,0
	Turnia	78,9	75,3	75,9	76,7
	średnio; mean	76,3	74,0	75,8	
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: odmiany; cultivars = 1,11 nawożenia; fertilization = 0,58 współdziałania; interaction = 1,17					
MTZ Weight of 1000 grains (g)	Bogatka	42,7	36,3	40,3	39,8
	Finezja	40,3	35,4	35,4	35,4
	Mewa	32,2	33,6	36,7	36,7
	Turnia	38,5	40,3	40,7	40,7
	średnio; mean	38,4	36,4	39,5	
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: odmiany; cultivars = 2,74 nawożenia; fertilization = 1,05 współdziałania; interaction = 2,10					
Celność Selectness (%)	Bogatka	68,7	42,9	58,7	56,8
	Finezja	66,1	65,7	33,0	54,9
	Mewa	48,0	61,0	84,6	64,5
	Turnia	70,9	82,5	82,2	78,5
	średnio; mean	63,4	63,0	64,6	
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: odmiany; cultivars = 7,16 nawożenia; fertilization – różnice nieistotne; differences not significant współdziałania; interaction = 7,30					
Szklistość Vitreosity (%)	Bogatka	60,3	39,0	72,7	57,3
	Finezja	29,0	3,0	5,3	12,4
	Mewa	2,3	66,3	37,3	35,3
	Turnia	62,3	7,3	68,3	46,0
	średnio; mean	38,5	28,9	45,9	
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: odmiany; cultivar = 8,32 nawożenia; fertilization = 3,32 współdziałania; interaction = 6,63					

* Podział dawki azotu; N dose division

- 1) 50% w okresie ruszenia wegetacji wiosną + 50% w fazie strzelania w źdźbło; 50% in spring during start of vegetation + 50% in the shooting stage,
- 2) 40% w okresie ruszenia wegetacji + 20% w fazie strzelania w źdźbło + 40% w fazie kłoszenia; 40% in spring during start of vegetation + 20% in the shooting stage + 40% in the heading
- 3) 30% w okresie ruszenia wegetacji + 20% w fazie strzelania w źdźbło + 40% w fazie kłoszenia + 10% w fazie dojrzałości młecznej; 30% in spring during start of vegetation + 20% in the shooting stage + 40% in the heading + 10% in the milk maturity

wu na tę cechę, jednak wystąpiła interakcja, wskazująca na wzrost celności ziarna odmiany Mewa i Turnia wraz z kilkukrotną aplikacją azotu, natomiast u odmian Bogatka i Finezja – obniżenie wartości tej cechy (tab. 1). Zróżnicowanie celności między odmianami stwierdzono również w badaniach Cacak-Pietrzak i in. (3), gdzie wartości mieściły się w przedziale od 89% do 61%. Dotychczasowe wyniki badań wskazują, że nawożenie azotem wpływa niejednakowo na kształtowanie się tej cechy. Zdaniem Achremowicza i Zajęca (1) przy dużych dawkach azotu należy liczyć się ze zmniejszeniem udziału ziaren celnych.

Ważną zarówno dla młynarstwa, jak i piekarstwa cechą jest szklistość ziarna (2, 3). Spośród badanych pszenic największą szklistością ziarna charakteryzowała się odmiana Bogatka (57,3%), najmniejszą Finezja (12,4%). Najwięcej ziaren szklistych (45,9%) uzyskano stosując azot czterokrotnie w okresie wegetacji pszenicy. Współdziałanie czynników doświadczenia sprawia, że u odmiany Bogatka i Turnia zastosowanie azotu czterokrotnie w okresie wegetacji powodowało istotny wzrost szklistości ziarna, u odmiany Mewa najkorzystniejsze było zastosowanie azotu w trzech terminach, natomiast u odmiany Finezja – dwukrotne (tab. 1). Budzyński i in. (2) wykazali dodatni wpływ nawożenia azotem na tę cechę aż do najwyższej dawki ($180 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$). Autorzy ci stwierdzili ponadto najkorzystniejszy wpływ wysokiej dawki u odmiany Korweta, średniej u odmiany Zyta.

Stwierdzono zróżnicowanie odmian w odniesieniu do parametrów oznaczonych w mące (tab. 2). Najwyższą zawartością białka w mące charakteryzowały się odmiany Mewa i Finezja. Niższą w stosunku do odmiany Mewa – odmiany Turnia i Bogatka. Różnica wynosiła 1,5 i 2 p.p. Różnice w zawartości białka między odmianami oraz interakcje dawki azotu lub sposobu aplikacji z odmianą wykazano w licznych badaniach (1-3, 7, 10, 12, 13, 15). Wróbel i Szempliński (18) wykazali dodatni wpływ zastosowania azotu w okresie kłoszenia na zawartość białka. Różnica pomiędzy dwukrotną a trzykrotną aplikacją azotu wynosiła 0,8%. Cacak-Pietrzak i in. (3) stwierdzili nieco mniejszą różnicę w zawartości białka między odmianami niż wskazują przedstawione wyniki badań. Wynosiła ona 0,8%. Autorzy ci wykazali również interakcję odmiany ze sposobem aplikacji azotu. U odmian Almari i Juma największą zawartość białka ogółem oznaczono z poletok nawożonych azotem dwukrotnie w okresie wegetacji: 50% dawki w okresie ruszenia wegetacji + 50% dawki w okresie strzelania w źdźbło, natomiast odmiany Kobra i Panda gromadziły najwięcej białka w obiektach z trzykrotną aplikacją azotu. Wieser i Selimeier (17) wykazali, że wraz ze wzrostem nawożenia azotem ilość białka na 1 mg mąki wzrasta od 44 do 68% w odniesieniu do obiektów bez nawożenia. Pedersen i Jorgensen (11) wykazali, że w przypadku dwukrotnej aplikacji azotu w okresie wegetacji zawartość białka jest mniejsza niż gdy azot podawano jednorazowo i trzykrotnie. Stwierdzenie to jest sprzeczne z wynikami wielu prac wskazującymi, że późne dawki N powodują wzrost zawartości białka w ziarnie pszenicy (4, 5, 9, 18).

Tabela 2

Wpływ odmiany i sposobu nawożenia na cechy jakościowe mąki
The effect of cultivar and nitrogen fertilization on quality of winter wheat flour

Cechy Traits	Odmiana Cultivar	Sposób nawożenia; Nitrogen supply*			Średnio dla odmian Mean for cultivars
		1	2	3	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Zawartość białka Protein content (%)	Bogatka	11,8	11,3	11,0	11,4
	Finezja	11,1	12,8	12,7	12,2
	Mewa	16,0	12,7	11,6	13,4
	Turnia	11,7	12,3	11,7	11,9
	średnio; mean	12,6	12,3	11,7	
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for: odmiany; cultivar = 1,43 nawożenia; fertilization – r.n. współdziałania; interaction – r.n.					
Ilość glutenu Gluten content (%)	Bogatka	27,0	25,0	23,3	25,1
	Finezja	25,8	30,4	28,1	28,1
	Mewa	27,8	29,1	30,8	29,2
	Turnia	29,2	30,6	29,4	29,7
	średnio; mean	27,5	28,8	27,9	
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for: odmiany; cultivar = 1,52 nawożenia; fertilization = 0,72 współdziałania; interaction = 0,74					
Indeks glutenu Gluten index	Bogatka	95,0	99,7	100,0	98,2
	Finezja	91,3	71,0	96,7	86,3
	Mewa	98,3	94,0	64,5	85,6
	Turnia	90,4	96,3	94,1	93,6
	średnio; mean	93,8	90,2	88,8	
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for: odmiany; cultivar = 3,69 nawożenia; interaction – r.n. współdziałania; interaction = 12,9					
Zawartość popiołu Ash content (%)	Bogatka	0,6	0,5	0,5	0,5
	Finezja	0,5	0,6	0,5	0,6
	Mewa	0,6	0,7	0,6	0,6
	Turnia	0,5	0,6	0,6	0,6
	średnio; mean	0,5	0,6	0,6	
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for: odmiany; cultivar = 0,03 nawożenia; fertilization = 0,03 współdziałania; interaction = 0,07					
Liczba opadania Falling number (s)	Bogatka	297	280	256	278
	Finezja	309	256	242	269
	Mewa	266	288	279	278
	Turnia	279	246	300	275
	średnio; mean	288	268	269	
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for: odmian; cultivar – r.n. nawożenia; fertilization – r.n. współdziałania; interaction – r.n.					

cd. tab. 2

1	2	3	4	5	6
Wskaźnik sedymentacji	Bogatka	34,7	40,7	32,7	36,0
Zeleny'ego	Finezja	39,3	32,0	35,0	35,4
Sedimentation index (ml)	Mewa	34,3	33,7	31,7	33,2
	Turnia	38,7	40,3	37,7	38,9
	średnio; mean	36,8	36,7	34,3	
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: odmiany; cultivar = 1,14 nawożenia; fertilization – r.n. współdziałania; interaction = 5,48					

* patrz tab. 1; see Table 1

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

Gluten stanowi powyżej 80% białka mąki (11). Badania wskazują, że czynniki środowiska, nawożenie oraz odmiana wpływają na ilość i skład glutenu (2, 4-6, 8, 13, 15-18). Potwierdzają to wyniki niniejszej pracy. Z mąki odmiany Bogatka wymyto najmniejszą ilość glutenu. Różnica w ilości wymytego glutenu pomiędzy odmianą Bogatka a Turnia, Mewa i Finezja wynosiła odpowiednio 4,6, 4,1 i 3,0 p.p. Sposób nawożenia powodował odmienną u odmian reakcję w ilości wymytego glutenu. U odmiany Bogatka najwyższą ilość glutenu otrzymano z obiektów z dwukrotnym nawożeniem azotem w okresie wegetacji. U odmiany Finezja i Turnia trzykrotne zastosowanie azotu wpływało najkorzystniej na tę cechę, natomiast u odmiany Mewa – czterokrotne. Badania Cacak-Pietrzak i in. (3) wykazały, że średnio ilość wymytego glutenu w odmianach wynosiła ponad 30%, w prezentowanych badaniach była podobna i wynosiła 28%. Badania te również wskazują na dość dużą różnicę w ilości wymytego glutenu między badanymi odmianami, wynoszącą 5,1% (3). W prezentowanych badaniach różnica wynosiła 4,6 p.p. Najprawdopodobniej związane to było z faktem, że badania obejmowały starsze odmiany pszenicy ozimej. Autorzy wskazują ponadto, że trzykrotna aplikacja azotu najsilniej zwiększała ilość glutenu. Pedersen i Jorgensen (11) wykazali, że dwukrotna aplikacja azotu w okresie wegetacji wpływała korzystniej na zawartość glutenu niż pojedyncza i trzykrotna. Wróbel i Szempliński (18) wykazali dodatni wpływ zastosowania azotu w okresie kłoszenia w odniesieniu do strzelania w źdźbło. Różnica wahała się od 1,3 do 2,6 p.p. w zależności od odmiany. Stankowski i in. (15) wykazali, że trzykrotna aplikacja azotu powodowała wzrost ilości glutenu o 7 p.p. w odniesieniu do aplikacji dwukrotnej.

Sposób nawożenia nie miał wpływu na indeks glutenu (tab. 2). Istotnie wyższym indeksem odznaczały się odmiany Bogatka i Turnia. Pedersen i Jorgensen (11) wykazali wpływ poziomu nawożenia azotem na jakość glutenu w roku z typowym przebiegiem pogody. Gąsiorowska i Makarewicz (7) wykazali interakcję dawki azotu, warunków pogody i odmiany w kształtowaniu się jakości glutenu. Badania Mazurkiewicza i Bojarczuka (10) wskazują, że u odmian o wyższej wartości technologicznej nawożenie azotem nie wpływa na jakość glutenu, natomiast u odmian o niższej wartości wysokie dawki azotu powodują pogorszenie jego jakości.

Tabela 3

Wpływ odmiany i sposobu nawożenia na właściwości reologiczne ciasta
The effect of cultivar and nitrogen fertilization on rheological property of dough

Cecha Trait	Odmiany Cultivar	Sposób nawożenia, Nitrogen supply*			Średnio dla odmian Mean for cultivars
		1	2	3	
Wodochłonność mąki Water absorbability (%)	Bogatka	56,8	55,1	55,4	55,8
	Finezja	60,8	54,3	52,7	55,9
	Mewa	54,1	59,9	62,0	58,7
	Turnia	60,9	61,4	67,9	63,4
	średnio; mean	58,1	57,7	59,5	
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for: odmian; cultivars = 0,64 nawożenia; fertilization = 0,35 współdziałania; interaction = 0,70					
Czas rozwoju ciasta Time of dough development (min)	Bogatka	1,7	1,8	1,7	1,7
	Finezja	2,2	2,1	2,2	2,2
	Mewa	2,3	2,5	4,5	3,1
	Turnia	6,1	5,2	5,1	5,5
	średnio; mean	3,1	2,9	3,4	
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for: odmian; cultivars = 2,35 nawożenia; fertilization – r.n. współdziałania; interaction – r.n.					
Stołość ciasta Stability of dough (min)	Bogatka	3,1	2,5	3,1	2,9
	Finezja	2,3	2,3	2,3	2,3
	Mewa	1,9	1,8	4,1	2,6
	Turnia	8,5	9,7	6,3	8,2
	średnio; mean	4,0	7,1	4,0	
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for: odmian; cultivars = 1,36 nawożenia; fertilization – r.n. współdziałania; interaction = 1,74					
Rozmięczenie ciasta Softening of dough (j.B)	Bogatka	70,0	64,3	61,3	65,2
	Finezja	55,3	64,0	44,7	54,7
	Mewa	46,7	49,3	28,0	41,3
	Turnia	10,7	5,7	12,7	9,7
	średnio; mean	45,7	45,8	36,7	
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for: odmian; cultivars = 16,8 nawożenia; fertilization = 7,29 współdziałania; interaction = 14,59					
Liczba jakości Valorimeter value (j.u)	Bogatka	40,3	33,7	36,7	36,9
	Finezja	41,0	47,3	48,7	45,7
	Mewa	43,0	49,7	103,3	65,3
	Turnia	163,7	187,7	162,0	171,0
	średnio; mean	72,0	79,6	87,7	
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for: odmian; cultivars = 11,8 nawożenia; fertilization – r.n. współdziałania; interaction = 31,5					

* patrz tab. 1; see Table 1

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

Jakość substancji białkowych – strukturotwórczych – pieczywa mierzona jest testem sedymentacyjnym Zeleny’ego. Wyższą wartością wskaźnika sedymentacyjnego charakteryzowała się odmiana Turnia, następnie Bogatka, Finezja, najmniejszą zaś Mewa. U odmiany Bogatka trzykrotna aplikacja azotu powodowała wzrost wskaźnika sedymentacyjnego. U odmian Mewa i Turnia sposób aplikacji azotu nie miał wpływu na wielkość wskaźnika sedymentacyjnego, u odmiany Finezja dwukrotna aplikacja azotu powodowała wzrost tego parametru w odniesieniu do trzykrotnej aplikacji (tab. 2). Interakcja dawki nawożenia azotem z odmianą we wpływie na wielkość wskaźnika sedymentacyjnego została potwierdzona w badaniach Budzyńskiego i in. (2), Podolskiej i in. (12, 13), Stankowskiego i in. (15, 16), Wróbla i Szemplińskiego (18). W badaniach Stankowskiego i in. (15) trzykrotna aplikacja azotu powodowała w zależności od miejscowości 4% lub 6% wzrost wskaźnika w porównaniu do aplikacji dwukrotnej. Wróbel i Szempliński (18) wykazali dodatni wpływ zastosowania azotu w okresie kłosażenia w odniesieniu do zastosowania w okresie strzelania w źdźbło. Różnica wahała się od 1,3 do 3,2 ml w zależności od odmiany. Budzyński i in. (2) wykazali bardzo korzystny wpływ nawożenia azotowego na wskaźnik sedymentacji. Jego wartości wzrastały aż do najwyższej z zastosowanych dawek ($180 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$), osiągając poziom 63 ml u Zyty, 53 ml u Korwety oraz 43 ml u Mewy. Wartość wskaźnika testu sedymentacyjnego mąki z obiektów bez nawożenia była o 55% niższa.

W przedstawionych badaniach najmniejszą ilością popiołu charakteryzowała się odmiana Bogatka. Trzykrotna aplikacja azotu w okresie wegetacji przyczyniła się do wzrostu zawartości popiołu w mące u odmian Mewa i Finezja. U odmiany Bogatka największą zawartość popiołu stwierdzono po dwukrotnej aplikacji azotu, a u odmiany Turnia dwukrotna aplikacja azotu powodowała zmniejszenie zawartości popiołu w mące (tab. 2).

Nie stwierdzono wpływu czynników doświadczenia na liczbę opadania (tab. 2). Brak wpływu sposobu nawożenia azotem na tę cechę potwierdzają badania Stankowskiego i in. (15), Podolskiej i in. (12, 13). Budzyński i in. (2) uzyskali nieco inne wyniki, stwierdzając interakcję nawożenia azotem i odmiany w kształtowaniu liczby opadania.

Charakterystyka cech reologicznych ciasta wykazała wpływ czynników doświadczenia na zachowanie się ciasta podczas mieszenia (tab. 3). Najwyższą wodochłonnością mąki charakteryzowały się odmiany Turnia i Mewa, istotnie niższą Bogatka i Finezja. U odmian Bogatka i Finezja dwukrotna aplikacja azotu powodowała wzrost wodochłonności mąki, odmiany Mewa i Turnia wykazały większą wodochłonność mąki po 3- i 4-krotnej aplikacji azotu (tab. 3).

Najdłuższym czasem rozwoju ciasta charakteryzowała się odmiana Turnia, najkrótszym Bogatka. U odmian Bogatka i Finezja nawożenie azotem nie miało wpływu na stałość ciasta. U odmiany Mewa największą stałością charakteryzowało się ciasto z obiektów z czterokrotnym nawożeniem azotem w okresie wegetacji, natomiast u odmiany Turnia – trzykrotnym.

U odmian Bogatka i Finezja aplikacja azotu nie miała wpływu na liczbę jakości, natomiast u odmiany Mewa największą liczbą jakości charakteryzowała się mąka z obiektów z czterokrotną aplikacją azotu, u Turni zaś z trzykrotną (tab. 3). Stan-kowski i in. (15) wykazali brak różnic w liczbie jakości pomiędzy dwu- i trzykrotną aplikacją azotu w ilości 90 kg N·ha⁻¹.

WNIOSKI

1. Sposób aplikacji azotu różnicował cechy fizyczne ziarna, chemiczne mąki i cechy reologiczne ciasta. Istotnie wpływał na gęstość ziarna w stanie zsypanym, MTZ, szklistość, ilość glutenu, zawartość popiołu, wodochłonność mąki, rozmięczenie ciasta. Nie miał wpływu natomiast na celność ziarna, zawartość białka, liczbę opadania, wskaźnik sedymentacyjny, czas rozwoju ciasta, stałość ciasta i liczbę jakości.

2. Parametry technologiczne ziarna i mąki były cechami odmianowymi. Skwantyfikowanie cech reologicznych ciasta za pomocą liczby jakości wskazuje, że najkorzystniejszymi wyróżnikami charakteryzuje się odmiana Turnia, najmniej korzystnymi odmiana Bogatka.

3. Nie została potwierdzona hipoteza o jednakowej reakcji odmian z tej samej grupy technologicznej na sposób aplikacji azotu.

4. Stwierdzona interakcja odmiany i sposobu nawożenia azotem w kształtowaniu się większości cech wartości przemiałowej i wypiekowej mąki sugeruje, że technologia uprawy pszenicy ozimej powinna być opracowywana indywidualnie dla każdej odmiany.

LITERATURA

1. Achremowicz B., Zając J.: Wpływ podwyższonego nawożenia azotem na wartość technologiczną niektórych odmian pszenicy jarej i ozimej. *Rocz. Nauk Rol.*, 1993, A, 110, **1-2**: 149-157.
2. Budzyński W., Borysewicz J., Bielski S.: Wpływ poziomu nawożenia azotem na plonowanie i jakość technologiczną ziarna pszenicy ozimej. *Pam. Puł.*, 2004, **135**: 33-44.
3. Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T.: Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy ozimej w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotowego. *Pam. Puł.*, 1999, **118**: 45-56.
4. Daniel C., Triboi E.: Effects of temperature and nitrogen nutrition on the grain composition of winter wheat. *J. Cereal Sci.*, 2000, **32**: 45-56.
5. Darwinkle A.: Ear formation and grain yield of winter wheat as affected by nitrogen supply. *Netherland J. Agric.*, 1983, **31**: 211-225.
6. Garwacka A., Starczewski J., Czarnocki Sz.: Technologia uprawy a jakość ziarna wybranych odmian pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 2007, **2(94)**: 88-95.
7. Gąsiorowska B., Makarewicz A.: Wpływ różnych sposobów nawożenia azotem na jakość ziarna odmian pszenicy jarej. *Fragm. Agron.*, 2007, **2(94)**: 102-109.
8. Hevia H., Fuenzalida P.J.: Effect of nitrogen fertilizers on bread-making quality and protein content of spring wheat cv. Onda. II. Timing on nitrogen application. *Agro Ciencia*, 1988, **4(1)**: 27-34.

9. Luo C., Branlard G., Griffin W.B., McNeil D.L.: The effect and nitrogen and sulphur fertilization and their interaction with genotype on wheat glutenins and quality parameters. *J. Cereal Sci.*, 2000, **31**: 185-194.
10. Mazurkiewicz J., Bojarczuk M.: Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na jakość technologiczną odmian pszenicy ozimej uprawianych w monokulturze. *Ann. UMCS, Sec. E*, 2004, **59(2)**: 1621-1629.
11. Pedersen L., Jorgensen R.J.: Variation in rheological properties of gluten from three biscuit wheat cultivars in relation to nitrogen fertilization. *J. Cereal Sci.*, 2007, **46**: 132-138.
12. Podolska G., Krasowicz S., Sułek A.: Ocena ekonomiczna i jakościowa technologii uprawy pszenicy ozimej przy różnym poziomie nawożenia azotem. *Pam. Puł.*, 2005, **139**: 175-188.
13. Podolska G., Stankowski S., Dworakowski T.: Wpływ dawki nawożenia azotem na wielkość plonu i wartość technologiczną wybranych odmian pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 2007, **2(94)**: 274-281.
14. Praca zbiorowa pod red. T. Jakubczyka i T. Habera: Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Skrypty SGGW-AR, Warszawa, 1983.
15. Stankowski S., Piech M., Podolska G., Mazurek J.: Wpływ różnych sposobów nawożenia azotem na jakość ziarna odmian pszenicy ozimej. *Pam. Puł.*, 1999, **118**: 403-413.
16. Stankowski S., Podolska G., Pacewicz K.: Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i jakość ziarna odmian pszenicy ozimej. *Ann. UMCS, sec. E*, 2004, **59(3)**: 1363-1369.
17. Wieser H., Selimeier W.: The influence of nitrogen fertilization on quantities and proportions of different protein type in wheat flour. *J. Sci. Food Agric.*, 1998, **76**: 49-55.
18. Wróbel E., Szempliński W.: Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej nawożonej zróżnicowanymi dawkami azotu. *Pam. Puł.*, 1999, **118**: 463-469.

THE INFLUENCE OF THE METHOD OF NITROGEN APPLICATION ON TECHNOLOGICAL VALUE OF WINTER WHEAT CULTIVARS

Summary

The aim of this study was to evaluate the influence of different methods of nitrogen application on the quality of milling properties of grains and baking quality of winter wheat flour. The winter wheat cultivars are classified into quality and breeding technological classes. In hypothesis it was assumed that the quality and breeding cultivars may show different reactions to the nitrogen fertilization.

The research was conducted in 2005, 2006, 2007 in PODR Gdańsk. The field experiment was established using the split-plot method with three replications. The first variable was a cultivar and the second was nitrogen fertilization. There were four levels of the first factor (Bogatka, Finezja, Mewa, Turnia) and three levels of nitrogen fertilization at the dose of 120 kg nitrogen per hectare. The first method involved application of 50% of nitrogen dose in spring vegetation period and 50% at shooting time. The second method – 40% in spring vegetation period + 20% at shooting time + 40% at heading time, and the third method of application was 30% in spring vegetation period + 20% at shooting time + 40% at heading time + 10% in milk maturity.

The physicochemical evaluation of grains was made including grain density, 1000 kernel weight, accuracy and alignment of grain, vitreosity and mealiness and the total ash content. Furthermore, baking properties of flour and rheological properties of dough were evaluated. The rheological properties of dough were measured using the Brabender farinograph. An analysis of variance was used for calculations and the means were statistically compared on the basis of the least significance difference method at 0.05% level.

It was found that the method of nitrogen fertilization differentiated physical properties of grains and chemical properties of flour and rheological properties of dough. There was significant influence of nitrogen fertilization on grain density, 1000 kernel weight, vitreosity, gluten content, ash content, sedimentation value, water absorption of flour, and degree of softening. The way of nitrogen applica-

tion had no significant influence on the accuracy of grain, protein content, falling number, development time, stability and farinograph quality number. The research hypothesis about the same reaction of cultivars from the same technological class on the method of nitrogen application was not confirmed.

An interaction between a cultivar and a method of nitrogen fertilization in formation of the most of milling value properties of grains and baking values of flour and this show that there are different reactions of cultivars to different methods of nitrogen application. The winter wheat technology production for the quality purposes should be elaborated individually for each cultivar.

Praca wpłynęła do Redakcji 2 II 2010 r.

¹GRAŻYNA PODOLSKA, ²ZYGMUNT NITA, ¹MARZENA MIKOS, ¹MARTA WYZIŃSKA

¹Zakład Uprawy Roślin Zbożowych

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

²Stacja Hodowli Roślin Strzelce sp. z o.o.

PLONOWANIE I JAKOŚĆ ZIARNA OWSA W ZALEŻNOŚCI OD ODMIANY

Yielding and grain quality of oat depending on varieties

ABSTRAKT: Celem badań było porównanie poziomu plonowania oraz zawartości białka i tłuszczu w ziarniakach owsa w zależności od odmiany. Doświadczenie przeprowadzono w latach 2007 i 2008 na mikropoletkach IUNG-PIB w Puławach. Czynnikiem doświadczenia było 30 odmian i rodów owsa oplewionego. Doświadczenie założono na glebie kompleksu żytanego bardzo dobrego (kl. IVa) metodą losowanych bloków w 4 powtórzeniach. W obu latach odmiany owsa wysiewano w terminie optymalnym (jak najwcześniej) w ilości 450 ziarniaków kiełkujących na 1 m². Zbiór wykonano w fazie dojrzałości pełnej. Po zbiorze określono plon i cechy struktury plonu oraz zawartość białka i tłuszczu. Określono średni plon z poletka i cechy struktury plonu.

Po zbiorze w ziarniakach oznaczono zawartość azotu i tłuszczu. Zawartość białka obliczono mnożąc zawartość azotu ogólnego przez współczynnik 6.25. Tłuszcz surowy oznaczono metodą Soxhleta PB 54.1. Warunki pogody w latach badań wpływały na poziom plonowania owsa, cechy struktury plonu oraz zawartość białka i tłuszczu. Plon ziarna uzyskany w roku 2007 był o 49% niższy niż w roku 2008. Ziarno owsa z roku 2007 zawierało o 1,8% więcej białka, natomiast ze zbiorów w roku 2008 o 1,02% więcej tłuszczu. Stabilnym poziomem plonowania w obu latach charakteryzowały się odmiany: STH 65165, Krezus, Szakał, STH 7806, STH 7706, STH 65057. W obu latach badań odmiana STH 7105 charakteryzowała się wysoką zawartością białka i tłuszczu w ziarniakach.

słowa kluczowe – *key words*:

owies – *oats*, odmiany – *cultivars*, białko – *protein*, tłuszcz – *fat*, plon – *yield*

WSTĘP

Ziarno owsa w porównaniu do innych gatunków zbóż ma wyższą o około 2–7% zawartość tłuszczu surowego, niższą o około 10% zawartość węglowodanów i lepszy skład aminokwasowy białka wynikający z większej ilości aminokwasów egzogennych, przede wszystkim lizyny (11, 12, 20). Lipidy owsa charakteryzują się wysoką wartością odżywczą ze względu na obecność nienasyconych kwasów tłuszczowych (1, 18, 21) i wykazują bardzo wysoki, wyrównany poziom antyoksydantów (8). Z tego powodu obecnie coraz częściej owies postrzegany jest jako cenny surowiec dla przemysłu spożywczego (żywność funkcjonalna), kosmetycznego oraz jako źródło energii.

W obrębie gatunku skład chemiczny ziarna owsa zależy od formy (oplewiona, nieoplewiona) oraz od odmiany (9, 10, 13, 14). Kształtują go również gleba, klimat i agrotechnika (2-4, 6, 7, 16, 17). Poziom plonowania rośliny zbożowej, w tym owsa, uzależniony jest od szeregu czynników, między innymi: warunków pogody, gleby, technologii produkcji (2, 5, 15, 18, 19). Zatem porównanie odmian względem siebie lub wzorca powinno odbywać się w tych samych warunkach siedliska i agrotechniki. Celem badań było porównanie poziomu plonowania oraz zawartości białka i tłuszczu w ziarniakach owsa w zależności od odmiany.

METODYKA

Odmiany i rody owsa porównywano przeprowadzając w latach 2007 i 2008 jednoczynnikowe doświadczenie na mikropoletkach IUNG-PIB w Puławach. Czynnikiem doświadczenia było 30 odmian i rodów owsa oplewionego różniących się wczesnością dojrzewania, wysokością rośliny i zabarwieniem plewki. Doświadczenie założono na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego (kl. IVa) metodą losowanych bloków, w 4 powtórzeniach. Powierzchnia poletka do zbioru wynosiła 1 m². Przedplonem był ziemniak. Jesienią każdego roku stosowano nawożenie mineralne w ilości 18 kg P₂O₅ i 25 kg K₂O na 1 ha. Dawki nawozów fosforowych i potasowych wynikały z zasobności gleby. Nawożenie azotem w ilości 90 kg N na 1 ha stosowano w dwu terminach: połowę dawki przedsięwzię i połowę w okresie strzelania w źdźbło. W obu latach owies wysiewano w terminie optymalnym (jak najwcześniej) w ilości 450 ziarniaków kielkujących na 1 m². Siew wykonano ręcznie, punktowo. Chwasty w zasiewach usuwano ręcznie, rośliny zabezpieczano przed wyleganiem wkładając między poletka metalowe ramy. Zbiór wykonano w fazie dojrzałości pełnej.

W okresie wegetacji notowano daty występowania faz wzrostu i rozwoju wg BBCH. W okresie zbioru określono liczbę roślin na poletku. Po zbiorze określono liczbę wiech na jednostce powierzchni, liczbę ziaren w wieszce i na roślinie, MTZ, plon ziarna z wiechy i rośliny. Porównując odmiany segregowano je według uzyskanego poziomu plonowania w odniesieniu do wzorca, który stanowił średni plon wszystkich odmian w danym roku. Odmiany plonujące z odchyleniem $\pm 5\%$ uznano za średnio plonujące, poniżej tego przedziału – za nisko plonujące, a powyżej – za wysoko plonujące. Dla tak wydzielonych grup odmian podano plon średni z poletka i wartości cech struktury plonu.

Po zbiorze określono zawartość azotu i tłuszczu w ziarniakach. Azot ogólny oznaczono wg PB 48.1 metodą spektrofotometrii przepływowej. Zawartość białka obliczono mnożąc zawartość azotu ogólnego przez współczynnik 6,25. Tłuszcz surowy oznaczono metodą Soxhleta PB 54.1.

Dane zostały poddane opracowaniu statystycznemu z wykorzystaniem analizy wariancji. Istotność różnic między średnimi oceniono wykorzystując test Tukeya przy $\alpha = 0,05$.

Tabela 1

Temperatura powietrza i ilość opadów w sezonie wegetacji owsa
Average month temperature and precipitation in vegetation season

Lata Year	Miesiąc; Month					
	III	IV	V	VI	VII	VIII
Suma opadów; Precipitation (mm)						
2007	32	14	67	58	48	59
2008	52	46	95	77	92	82
Średnia dobową temperatura powietrza; Daily temperature of air (°C)						
2007	6,7	9,2	15,8	19,1	19,3	19,2
2008	3,8	9,4	13,5	18,2	18,8	18,6

Przebieg pogody w okresie wegetacji owsa

Lata badań różniły się warunkami pogody. Rok 2007 charakteryzował się niższymi opadami we wszystkich miesiącach wzrostu i rozwoju owsa. W 2007 roku w okresie wegetacji spadło o 166 mm deszczu mniej niż w 2008 roku. Największe różnice dotyczyły kwietnia i lipca i wynosiły odpowiednio 32 i 44 mm. Temperatura powietrza w sezonie wegetacyjnym owsa w 2007 roku była średnio o 1,2°C wyższa niż w 2008 roku. Wyższą o 2,9 i o 2,3°C temperaturą charakteryzował się marzec i maj 2007 roku w odniesieniu do roku 2008. W pozostałych miesiącach różnice nie przekraczały 1°C (tab. 1).

WYNIKI I DYSKUSJA

Warunki pogody wpływały zarówno na długość całego okresu wegetacji, jak i długość faz wzrostu i rozwoju owsa. Okres wegetacji w 2007 roku był o 4 dni krótszy niż w 2008. Największe różnice wystąpiły w długości okresu od fazy krzewienia do fazy kłoszenia. Był on w 2007 roku o 12 dni krótszy niż w roku 2008 (tab. 2). Jak podają dane literaturowe jest to okres kształtowania się liczby wiech na jednostce powierzchni oraz elementów wiechy. Skrócenie tego okresu skutkuje wykształceniem mniejszej liczby kłosków i ziarniaków, co odbija się negatywnie na plonie ziarna (2, 6).

Plon ziarna i elementy struktury plonu zależały od przebiegu pogody w okresie wegetacji – lat badań (tab. 3), i odmiany (tab. 4, 5).

Stwierdzono istotny wpływ lat (przebiegu pogody) na poziom plonowania owsa. W roku o niekorzystnym przebiegu pogody (2007) uzyskano plon o 48% niższy niż w roku, w którym warunki meteorologiczne sprzyjały plonowaniu owsa (2008). Zależność tę potwierdzają dane literaturowe (7, 2, 6, 14).

Tabela 2

Daty występowania faz wzrostu i rozwoju owsa w latach 2007 i 2008
Dates of oat development stages

Podokresy wzrostu i rozwoju Development stages	Rok; Year			
	2007		2008	
	data; date	liczba dni; days	data; date	liczba dni; days
Siew–wschody Sowing–emergence	30.03–16.04	18	7.04–20.04	14
Wschody–krzewienie Emergence–tillering	16.04–5.05	19	21.04–5.05	15
Krzewienie–strzelanie w źdźbło Tillering–shooting	6.05–22.05	17	6.05–26.05	21
Strzelanie w źdźbło–kłoszenie Shooting–heading	23.05–11.06	20	27.05–23.06	28
kłoszenie–dojrzałość mleczna Heading–milk maturity	12.06–26.06	15	24.06–10.07	17
Dojrzałość mleczna–dojrzałość pełna Milk maturity–full maturity	27.06–23.07	24	11.07–4.08	25
Długość okresu wegetacji Length of vegetation period	116		120	

Tabela 3

Plon ziarna, cechy struktury plonu oraz zawartość białka i tłuszczu w zależności od lat.
Grain yield, yield components, protein and fat content in oat depending on years

Cechy Traits	Lata; Years		
	2007	2008	NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)
Plon ziarna z 1 m ² ; Grain yield per m ² (g)	620	1197	52,8
Liczba wiech z 1 m ² ; Number of panicles per m ²	540	540	r.n.
Rozkrzewienie produkcyjne; Productive tillering	1,37	1,30	r.n.
MTZ; Weight of 1000 kernels (g)	34,4	36,7	1,85
Plon ziarna z rośliny; Grain yield per plant (g)	1,58	2,90	1,28
Plon ziarna z wiechy; Grain yield per panicle (g)	1,17	2,20	0,851
Liczba ziaren z rośliny; Number of kernels per plant	46,1	79,2	21,33
Liczba ziaren z wiechy; Number of kernels per panicle	34,2	60,5	15,61
Liczba roślin na 1 m ² ; Number of plants per m ²	392	413	17,3
Zawartość białka; Protein content (%)	13,3	11,5	0,98
Zawartość tłuszczu; Fat content (%)	3,99	5,02	1,45

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

Pisulewska i in. (13) stwierdzili, że w roku o korzystnym przebiegu pogody dla wzrostu i rozwoju owsa plon był o 19,6% wyższy w porównaniu z rokiem suchym. Ralcewicz i Knapowski (15) wykazali nieco większe różnice w poziomie plonowania w zależności od lat. Obniżka plonów w porównaniu do roku o korzystnym przebiegu pogody wynosiła 28,4 i 47,3%.

Lata badań miały również wpływ na cechy struktury plonu. W roku 2008 stwierdzono istotnie wyższą MTZ, plon ziarna z rośliny, plon ziarna z wiechy, liczbę ziaren z rośliny i liczbę ziaren z wiechy oraz liczbę roślin na jednostce powierzchni w porównaniu do roku 2007. Skutkowało to wyższym o 48% plonem ziarna (tab. 3). Wyniki badań literaturowych potwierdzają duży wpływ warunków meteorologicznych na kształtowanie się komponentów plonu. Pisulewska i in. (13) stwierdzili, że w latach o mniej korzystnym przebiegu pogody uzyskuje się mniejszą liczbę wiech wykształconych na jednostce powierzchni, mniejszą liczbę ziaren w wiesze oraz mniejszą masę 1000 ziaren. Wartości tych cech były wyższe odpowiednio o 17, 16 i 32% w roku o korzystnym przebiegu pogody. W przedstawionych badaniach nie stwierdzono wpływu lat badań na liczbę wiech na jednostce powierzchni, natomiast różnice w odniesieniu do MTZ i liczby ziaren w wiesze wynosiły odpowiednio 7 i 77%.

Badane rody i odmiany owsa różniły się znacznie plonem ziarna. W 2007 roku istotnie niżej plonowało 9 odmian, średnio 10, a 11 wyraźnie przekraczało plonem poziom wzorca. Na uwagę zasługują odmiany STH 7806, STH 65057, STH 5242, które w 2007 roku osiągnęły poziom plonowania 113–115%, oraz odmiana BYAS 50, osiągając plon 130% wzorca. Odmiany charakteryzujące się wyższym poziomem plonowania cechowała przeważnie większa liczba wiech na jednostce powierzchni, większy plon ziarna z rośliny i z wiechy, większa liczba ziaren z rośliny i z wiechy (tab. 4).

W roku 2008 wyróżniły się poziomem plonowania odmiany: STH 65169, STH 65177 oraz STH 65057 przekraczając wzorzec odpowiednio o 13, 17 i 20%. Odmiany wyżej plonujące cechowały się większą masą tysiąca ziarniaków, wyższym plonem ziarna z rośliny i z wiechy oraz większą liczbą ziaren z rośliny i z wiechy. Śmiałowski (16) porównywał plonowanie 78 rodów owsa pochodzących z różnych ośrodków hodowlanych z odmianami wzorcowymi. Stwierdził niskie zróżnicowanie poziomu plonowania rodów między sobą wynoszące w zależności od lat 5,6% i 6,8%. Podobnie jak w przedstawionych badaniach wyróżnił rody plonujące powyżej wzorca, co świadczy o postępie hodowlanym.

Zawartość białka i tłuszczu była zależna od lat badań i odmiany. W roku 2007 ziarno owsa gromadziło o 1,8 p.p. więcej białka niż w roku 2008, mniej natomiast o 1,03 p.p. tłuszczu. Istotny wpływ pogody na gromadzenie się białka i tłuszczu w ziarnie potwierdzają dane literaturowe, na przykład Ralcewicz i Knapowski (15) stwierdzili dużą różnicę w zawartości białka w ziarnie owsa – 2.2 p.p. między latami.

Porównywane w niniejszym doświadczeniu odmiany i rody cechowały się zróżnicowaną zawartością tłuszczu i białka (rys. 1-4). W roku 2007 zróżnicowanie po-

Tabela 4

Plon i cechy struktury plonu odmian owsa (2007 rok)
 Grain yield and yield components of oat's varieties in 2007

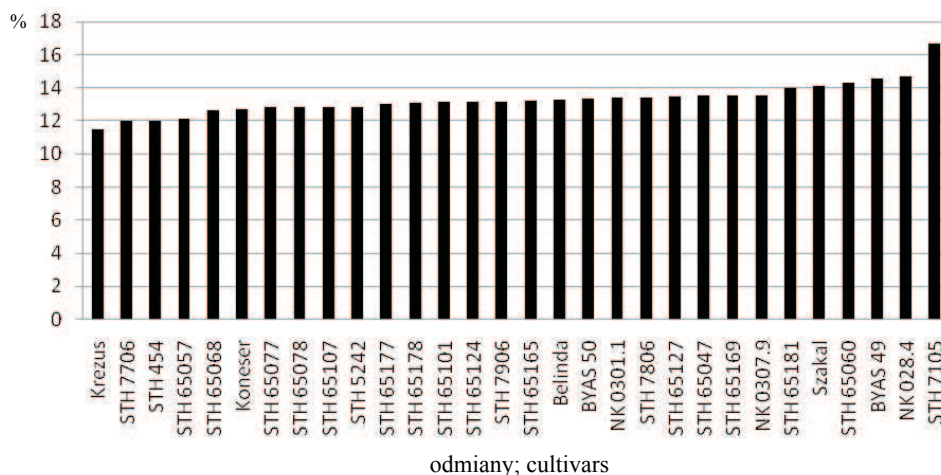
Odmiana Variety	Plon ziarna Grain yield (g·m ⁻²)	Liczba roślin na m ² Number of plants per m ²	Liczba wiech na m ² Number of panicles per m ²	MTZ Weight of 1000 grams (g)	Plon ziarna z rośliny Grain yield per plant (g)	Plon ziarna z wiechy Grain yield per panicle (g)	Liczba ziaren z rośliny Number of kernels per plant	Liczba ziaren z wiechy Number of kernels per panicle
STH 65047	592	400	598	39,75	1,50	0,99	37,90	24,91
STH 65057	713	418	607	36,23	1,70	1,21	47,09	33,37
STH 65060	675	368	533	34,46	1,83	1,26	53,13	36,79
STH 65068	690	406	512	35,11	1,70	1,35	48,40	38,68
STH 65077	692	389	577	31,97	1,81	1,21	56,80	37,87
STH 65078	613	403	460	38,80	1,52	1,33	39,16	34,33
STH 65101	648	378	506	34,50	1,71	1,29	49,73	37,53
STH 65107	622	412	628	36,10	1,51	0,98	37,79	24,79
STH 65124	486	354	400	37,34	1,38	1,22	37,28	32,79
STH 65127	510	393	498	34,54	1,29	1,04	37,61	30,09
STH 65165	637	377	551	31,45	1,69	1,15	53,73	36,87
STH 65169	662	404	568	33,47	1,67	1,16	49,72	34,79
STH 65176	531	387	530	36,01	1,37	1,04	38,07	29,09
STH 65177	678	419	613	32,16	1,61	1,10	50,33	34,56
STH 65181	633	380	598	33,52	1,67	1,06	50,11	31,78
NK 0307.9	640	419	595	35,09	1,52	1,07	43,50	30,65
NK 0208.4	571	392	595	33,17	1,45	0,96	43,71	28,94
NK 0301.1	642	398	578	34,55	1,61	1,11	47,00	32,20
Berlinda	660	409	637	36,20	1,61	1,03	44,65	28,70
Krezus	553	351	525	31,03	1,58	1,05	50,92	33,92
Koneser	565	389	468	28,03	1,49	1,22	52,74	43,37
Szakal	636	377	527	35,80	1,70	1,22	47,42	34,11
STH 7105	536	366	592	29,11	1,46	0,91	49,81	31,14
STH 7706	666	421	669	40,06	1,58	1,01	39,46	25,29
STH 7806	701	398	360	31,14	1,76	1,94	56,95	62,50
STH 7906	612	422	480	35,60	1,46	1,28	41,44	36,03
STH 5242	716	392	546	37,48	1,82	1,31	48,80	35,33
STH 454	450	365	354	33,17	1,23	1,27	37,29	38,60
BYAS 49	483	371	510	32,65	1,30	0,96	40,13	29,90
BYAS 50	803	422	613	35,24	1,90	1,30	54,04	37,03

Tabela 5

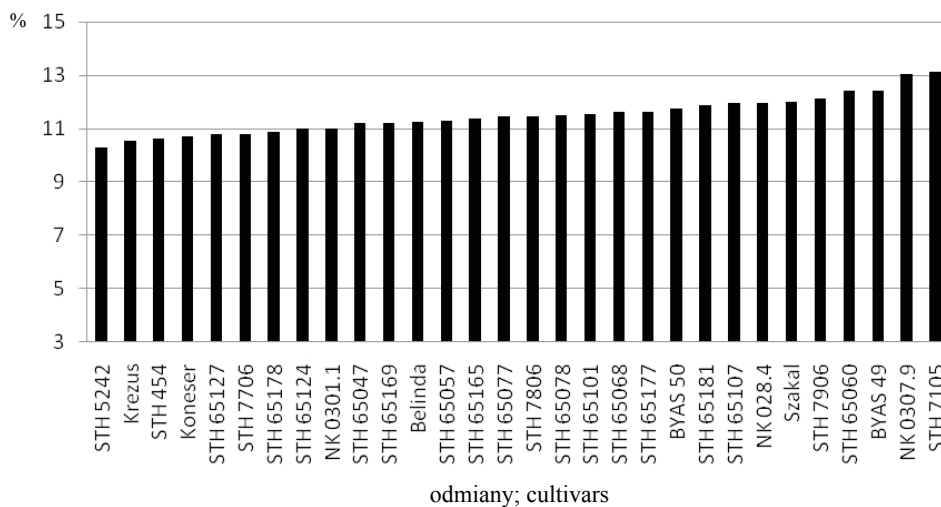
Plon i cechy struktury plonu odmian owsa (2008 rok)
 Grain yield and yield components of oat's varieties in 2008

Odmiana Variety	Plon ziarna Grain yield	Liczba roślin na 1 m ² Number of plants per m ²	Liczba wiech na 1 m ² Number of panicles per m ²	MTZ Weight of 1000 grains (g)	Plon ziarn z rośliny Grain yield per plant (g)	Plon ziarna z wiechy Grain yield per panicle (g)	Liczba ziaren z rośliny Number of kernels of plant	Liczba ziaren z wiechy Number of kernels per panicle
STH 65047	1289	443	578	40,92	2,90	2,22	71,07	54,37
STH 65057	1425	416	554	38,45	3,42	2,57	89,11	66,97
STH 65060	1033	427	504	34,67	2,41	2,05	69,70	59,33
STH 65068	1184	421	560	37,53	2,81	2,11	75,01	56,31
STH 65077	1250	422	543	36,10	2,95	2,29	81,93	63,66
STH 65078	1251	436	556	40,05	2,86	2,25	71,70	56,26
STH 65101	1209	421	559	35,96	2,86	2,17	79,71	60,53
STH 65107	1237	439	603	40,14	2,81	2,05	70,17	51,19
STH 65124	1340	396	534	39,74	3,39	2,50	85,28	63,09
STH 65127	1236	401	581	37,02	3,09	2,14	83,20	57,70
STH 65165	1215	440	562	36,29	2,75	2,15	76,71	59,81
STH 65169	1359	415	574	37,73	3,27	2,36	86,74	51,43
STH 65176	1178	422	509	36,40	2,78	2,31	76,58	63,67
STH 65177	1396	424	507	35,74	3,29	2,76	92,11	77,21
STH 65181	1116	372	527	34,79	2,99	2,11	86,17	60,85
NK 0307.9	1196	416	568	35,74	2,87	2,10	80,44	58,93
NK 0208.4	1042	403	551	32,05	2,58	1,88	80,65	58,87
NK 0301.1	1080	433	550	37,70	2,50	1,96	66,39	51,98
Berlinda	1172	415	534	37,06	2,83	2,19	76,49	59,19
Krezus	1231	401	531	35,54	3,06	2,33	86,31	65,53
Koneser	1162	416	512	31,06	2,78	2,27	89,75	73,15
Szakal	1203	413	536	38,29	2,90	2,50	75,96	65,48
STH 7105	839	401	471	28,83	2,09	1,78	72,52	61,78
STH 7706	1316	430	556	40,29	3,07	2,36	76,18	58,78
STH 7806	1309	422	524	35,43	3,10	2,49	87,57	70,54
STH 7906	1013	398	493	38,27	2,55	2,05	66,73	53,60
STH 5242	943	381	507	41,73	2,47	1,87	59,28	44,74
STH 454	1130	348	453	38,94	3,25	2,49	83,45	64,12
BYAS 49	1263	408	586	34,15	3,15	2,15	92,29	63,21
BYAS 50	1278	425	589	34,24	3,00	2,17	87,95	63,49

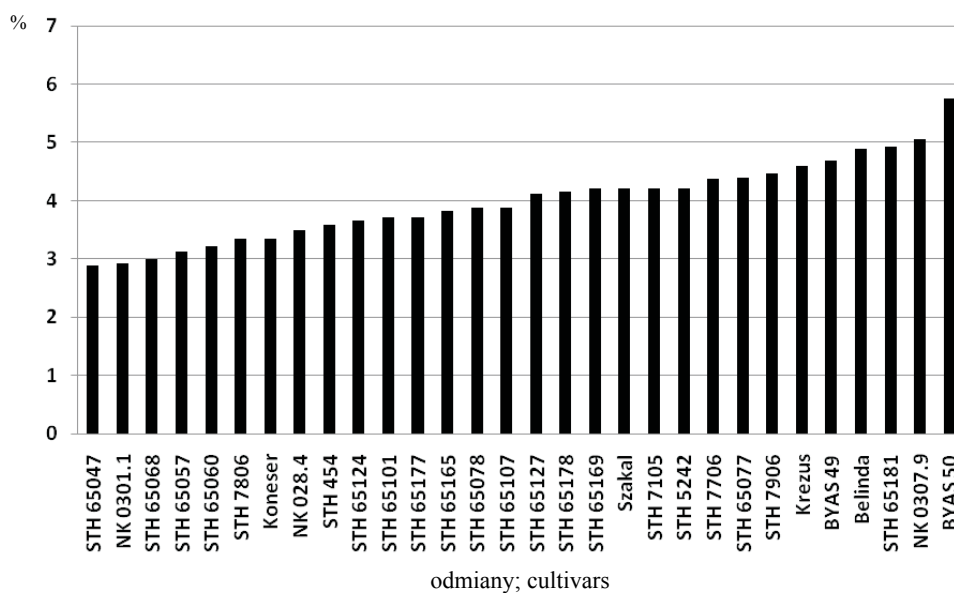
między skrajnymi wartościami wynosiło dla zawartości białka 5,19 p.p., natomiast w roku 2008 – 2,82%. W obu latach największą zawartość białka w ziarnie miała odmiana STH 7105 – 16,7 % (2007) i 13,1% (2008). W roku 2007 największą zawartość tłuszczu stwierdzono u odmiany BYAS 50 – 5,76%, natomiast w 2008 r.



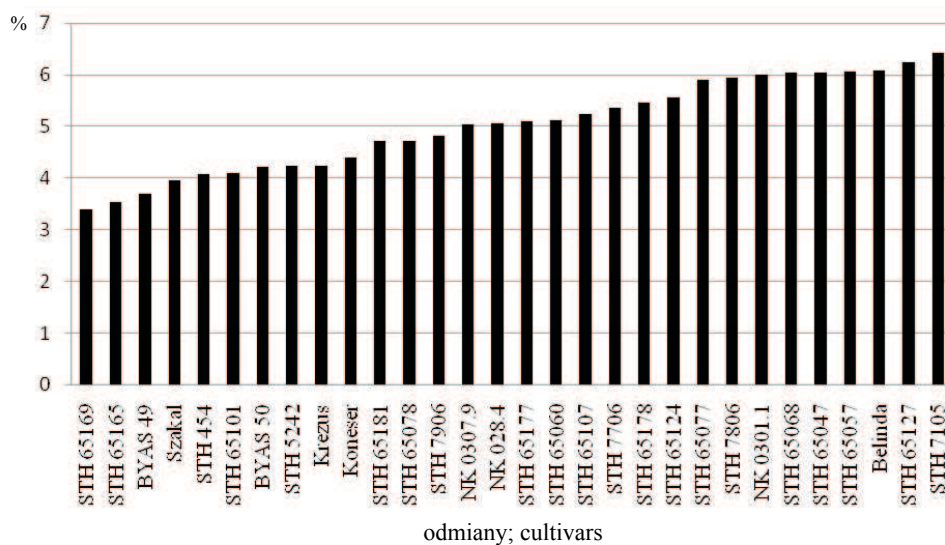
Rys. 1. Zawartość białka w ziarnie owsa w zależności od odmiany (2007 rok)
Protein content in oat grain depending on varieties in 2007



Rys. 2. Zawartość białka w ziarnie owsa w zależności od odmiany (2008 rok)
Protein content in oat grain depending on varieties in 2008



Rys. 3. Zawartość tłuszczu w ziarnie owsa w zależności od odmiany (2007 rok)
Fat content in oat grain depending on varieties in 2007



Rys. 4. Zawartość tłuszczu w ziarnie owsa w zależności od odmiany (2008 rok)
Fat content in oat grain depending on varieties in 2008

u odmiany STH 7105 – 6,42%. Różnica pomiędzy skrajnymi wartościami zawartości tłuszczu w roku 2007 wynosiła 2,87%, natomiast w roku 2008 – 3,03%.

Śmiałowski (16) badając zawartość białka u 78 rodów owsa stwierdził zróżnicowanie pomiędzy rodami wynoszące 10,32%, natomiast w przypadku zawartości tłuszczu – 10,14%, przyjmując za 100% wartości największe. W przedstawionych badaniach wielkości te były większe i wynosiły w stosunku do białka 15%, a w stosunku do tłuszczu 26%.

WNIOSKI

1. Stwierdzono zróżnicowanie odmian w poziomie plonowania. Różnica pomiędzy skrajnymi wartościami wynosiła w roku 2007 – 44%, a w roku 2008 – 41%.

2. Warunki pogody w latach badań wpływały na poziom plonowania owsa, cechy struktury plonu oraz zawartość białka i tłuszczu. Plon ziarna uzyskany w roku 2007 był o 48% niższy niż w roku 2008. Ziarno owsa z roku 2007 zawierało średnio o 1,8 p.p. więcej białka, natomiast zawartość tłuszczu była większa ze zbiorów w roku 2008 o 1,02 p.p.

3. Stabilnym wysokim poziomem plonowania w latach charakteryzowały się odmiany: STH 65057, STH 65177, STH 65077, BYAS 50, STH 65101, STH 65107, STH 65169, STH 65165, STH 7806, STH 7706, Szakal.

4. W obu latach badań odmiana STH 7105 charakteryzowała się wysoką zawartością białka i tłuszczu w ziarniakach.

LITERATURA

1. Aro H., Järvenpää E., Kõnkö K., Huopalahti R., Hietaniemi V.: The characterisation of oat lipids produced by supercritical fluid technologies. *J. Cereal Sci.*, 2007, **45**: 116-119.
2. Budzyński W.: Reakcja owsa na czynniki agrotechniczne przegląd wyników badań krajowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1999, **1(18)**: 11-25.
3. Deryło S., Szymankiewicz K.: Wpływ poziomu agrotechniki na plonowanie i zachwaszczenie owsa siewnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1999, **1(18)**: 104-111.
4. Dubis B., Budzyński W.: Reakcja owsa nagoziarnistego i oplewionego na termin i gęstość siewu. *Biul. IHAR*, 2003, **229**: 139-146.
5. Kołodziej J., Kulig B.: Wpływ warunków pogodowych na kształtowanie się plonu wybranych cech owsa. *Biul. IHAR*, 2005, **235**: 269-280.
6. Koziara W.: Reakcja trzech odmian owsa na deszczowanie i nawożenie azotem. *Biul. IHAR*, 2004, **231**: 397-404.
7. Michalski T., Idziak R.: Plonowanie owsa rosnącego w mieszankach i w siewie czystym w zależności od nawożenia azotem. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1999, **1(18)**: 46-52.
8. Peterson D.M.: Oat antioxidants. *J. Cereal Sci.*, 2001, **33**: 115-129.
9. Piech M., Maciorowski R., Krum P.: Plon ziarna i składników pokarmowych owsa nieoplewionego i oplewionego uprawianych przy dwóch poziomach nawożenia azotem. *Biul. IHAR*, 2003, **229**: 103-114.

10. Piech M., Maciorowski R., Petkov K.: Plon ziarna i składników pokarmowych nieoplewionych i oplewionych odmian owsa oraz jęczmienia jarego w siewie czystym i w mieszance. Biul. IHAR, 2003, **229**: 157-165.
11. Pisulewska E.: Owies. W: Rynki i technologie produkcji roślin uprawnych, Red. J. Chotkowski, Wieś Jutra, Warszawa, 2009, 182-195.
12. Pisulewska E., Kołodziejczyk M., Witkowicz R.: Porównanie składu chemicznego ziarna owsa oplewionego i nagoziarnistego uprawianych w różnych warunkach siedliska. Acta. Agr. Silv., Ser. Agrotechnika, 1997, **35**: 99-106.
13. Pisulewska E., Lepiarczyk A., Gambuś F., Witkowicz R.: Plonowanie oraz skład mineralny brązowo i żółtooplewionych form owsa. Fragm. Agron. 2009, **26(1)**: 84-92.
14. Podolska G., Nita Z., Mikos M.: Plonowanie i skład chemiczny ziarna nagoziarnistej formy owsa karłowego (STH 5630) w zależności od gęstości siewu i nawożenia azotem. Fragm. Agron., 2009, **26(1)**: 100-107.
15. Ralcewicz M., Knapowski T.: Ocena oddziaływania wybranych czynników agrotechnicznych na wielkość plonu ziarna i skład aminokwasowy białka. Biul. IHAR, 2006, **239**: 193-204.
16. Śmiałowski T.: Wartość hodowlana rodów owsa badanych w doświadczeniach wstępnych w latach 2002–2004. Biul. IHAR, 2006, **239**: 185-191.
17. Walens M.: Wpływ nawożenia azotowego i gęstości siewu na wysokość i jakość plonu ziarna odmian owsa oplewionego i nagoziarnistego. Biul. IHAR. 2003, **229**: 115-124
18. Welch R.W., Leggett J.M.: Nitrogen Content, Oil Content and Oil Composition of Oat Cultivars (*A.sativa*) and Wild *Avena* Species in Relation to Nitrogen Fertility, Yield and Partitioning of Assimilates. J. Cereal Sci., 1997, **26**: 105-120.
19. Wróbel E., Krajewski T., Krajewski W.: Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i strukturę plonu owsa oplewionego i nagoziarnistego. Biul. IHAR, 2003, **229**: 95-102.
20. Youngs V.L., Puskulcu M., Smith R.R.: Oats Lipids. I. Composition and distribution of lipid components in two oat cultivars. Cereal Chem., 1997, **54**: 803-812.
21. Zhou M., Robards K., Glennie Holmes M., Helliwell S.: Oat lipids. J. Am. Oil Chem. Soc., 1999, **76**: 159-169.

GRAIN YIELD AND GRAIN QUALITY OF OAT DEPENDING ON VARIETIES

Summary

The study was aimed to compare the level of yield, protein and fat content in grain of oats, depending on variety. The one – factor experiment established by randomized blocks was conducted in 2007 and 2008. The 30 varieties and strains hulled oats were studied. Microplot experiment was conducted on the soil of a very good rye complex (kl IV a). The oat was sown at the optimum sowing term at the density of 450 grains per m². After the harvest, the yield, yield structure, protein and fat content in seeds were determined. It was found that weather conditions affected the yield of oats, yield structure, protein and fat content. Grain yield obtained in 2007 was by 48% lower than in 2008. Grains of oats in 2007 contained by 1.8% more protein. The fat content was higher in 2008 by 1.02%. The stable level of yielding in those years was shown by the following varieties: STH 65057, STH 65177, STH 65077, BYAS 50, STH 65101, STH 65107, STH 65169, STH 65165, STH 7806, STH 7706, Szakal. In both years of the research, STH 7105 variety showed the highest fat and protein content in seeds.

Praca wpłynęła do Redakcji 6 V 2010 r.

¹LESZEK RACHOŃ, ¹GRZEGORZ SZUMIŁO, ²SŁAWOMIR STANKOWSKI,
²MAGDALENA SOBOLEWSKA

¹Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin – Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

²Katedra Agronomii – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

OCENA JAKOŚCI ZIARNA TRZECH GATUNKÓW PSZENICY OZIMEJ W WARUNKACH ZRÓŻNICOWANEJ OCHRONY ROŚLIN

Evaluation of grain quality of three species of winter wheat in conditions of different plants protection

ABSTRAKT: Celem badań była ocena technologiczna wybranych odmian i linii 3 gatunków pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*, *Triticum durum*, *Triticum aestivum* ssp. *spelta*) w warunkach zróżnicowanej ochrony roślin (ochrona minimalna i kompleksowa). Oceniany materiał badawczy pochodził ze ścisłych, polowych, dwuczynnikowych doświadczeń prowadzonych w cyklu 3-letnim w latach 2005–2008 w Gospodarstwie Doświadczalnym Felin Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Po zbiorze ziarna oznaczono: MTZ, gęstość ziarna w stanie zsypanym, wyrównanie ziarna, wskaźnik sedymentacji Zeleny'ego, ilość glutenu w mące i jego rozplywalność. Dokonano także oceny farinograficznej mąki określając wodochłonność mąki, rezystencję ciasta, rozmięczenie ciasta oraz wartość mieszankową (walorymetryczną). Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji, oceniając istotność różnic testem Tukeya. Wykazano istotny wpływ kompleksowej ochrony chemicznej na niektóre wyróżniki jakości ziarna pszenicy: MTZ, wskaźnik sedymentacji, ilość i rozplywalność glutenu. Głównym czynnikiem różnicującym cechy fizyczne ziarna, mąki i ciasta oraz ich parametry jakościowe były linie i odmiana porównywanych gatunków pszenicy. Odmiana pszenicy zwyczajnej Tonacja charakteryzowała się najlepszą rozplywalnością glutenu i dobrym wskaźnikiem sedymentacji. Linia STH 716 pszenicy twardej miała najwyższą ilość glutenu oraz najdorodniejsze ziarno (wysoka MTZ). Linia STH 3 pszenicy orkiszowej cechowała się najwyższym wskaźnikiem sedymentacji i najwyższą wartością walorymetryczną, a także dużą ilością glutenu i dobrą jego rozplywalnością.

słowa kluczowe – key words:

pszenica twarda – *durum wheat*, pszenica orkisz – *spelt wheat*, pszenica zwyczajna – *common wheat*, ochrona roślin – *plant protection*, jakość ziarna – *grain quality*

WSTĘP

Genotyp jest jednym z najważniejszych czynników decydujących o plonowaniu i jakości pszenicy (2, 4, 5, 10, 15). Jednak wybór odmiany o korzystnych cechach nie gwarantuje automatycznie uzyskania plonu o pożądanej jakości. Ważnym czynnikiem kształtującym jakość plonu jest ponadto właściwa agrotechnika (termin i ilość

wysiewu, nawożenie mineralne, ochrona roślin) oraz warunki pogodowe, np. nasłonecznienie, intensywność oraz równomierność opadów czy warunki zimowania (9, 11, 18, 19). Pełne wykorzystanie potencjału plonowania roślin uprawnych jest możliwe pod warunkiem stworzenia optymalnych warunków wzrostu (12), co wiąże się między innymi z właściwą ich ochroną (13). Ograniczenie zużycia środków ochrony roślin przyczynia się do pogorszenia parametrów jakości ziarna. Ziarno zebrane z plantacji prowadzonej bez ochrony w latach o dużym nasileniu patogenów ma gorszą wartość przemiałową; cechuje się mniejszą dorodnością (MTZ) i masą hektolitra. Natomiast ziarno pochodzące z plantacji zachwaszczonych charakteryzuje się dużą podatnością na porastanie, wykazuje małą zawartość białka i glutenu oraz gorszą jego jakość (14). Postępowi w hodowli współczesnych wysokoplennych odmian pszenicy, jaki dokonał się w ostatnich latach, nie zawsze towarzyszyła poprawa wartości pokarmowej ziarna. Stąd też zainteresowanie nie tylko hodowców, ale także producentów żywności zwróciło się w kierunku starszych, dawniej uprawianych gatunków pszenicy, które chociaż mniej plenne, posiadają więcej walorów związanych z wartością odżywczą ziarna (4, 7, 17). Gatunki te to m.in. pszenica orkiszowa, pszenica płaskurka czy samopsza.

Kompleksowa chemiczna ochrona ładu pszenicy przynosi efekt w postaci wzrostu plonu ziarna i poprawy większości parametrów decydujących o jego jakości. Intensywna technologia uprawy nie zawsze jednak jest uzasadniona ekonomicznie (8). W związku z tym podjęto badania, których celem była ocena technologiczna wybranych odmian i linii 3 gatunków pszenicy ozimej (*Triticum aestivum ssp. vulgare*, *Triticum durum*, *Triticum aestivum ssp. spelta*) w warunkach zróżnicowanej ochrony roślin.

Hipoteza badawcza zakładała, że ziarno odmiany i linii hodowlanych ozimej pszenicy zwyczajnej, twardej i orkiszowej uprawianych w warunkach kompleksowej pielęgnacji ładu jest lepszej jakości niż w przypadku minimalnej ochrony roślin.

MATERIAŁ I METODY

Oceniany materiał badawczy pochodził ze ścisłych polowych dwuczynnikowych doświadczeń prowadzonych w cyklu 3-letnim w latach 2005–2008 w Gospodarstwie Doświadczalnym Felin Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Pierwszym czynnikiem doświadczenia były 2 linie pszenicy orkisz: STH 3 i STH 715, 2 linie pszenicy twardej STH 716 i STH 717 oraz odmiana pszenicy zwyczajnej Tonacja. Drugi czynnik stanowiły 2 poziomy ochrony chemicznej: I – ochrona minimalna (zaprawa nasienna Oxfun T 75 DS/WS w dawce 200 g/100 kg ziarna i herbicyd Chwastox Trio 540 SL w dawce 2 dm³/ha), II – ochrona kompleksowa (zaprawa nasienna Oxfun T 75 DS/WS w dawce 200 g/100 kg ziarna, herbicydy Chwastox Trio 540 SL w dawce 2 dm³/ha i Puma Uniwersal 069 EW w dawce 1,2 dm³/ha, fun-

gicyd Alert 375 SC w dawce 1 dm³/ha, regulator wzrostu Stabilar 750 SL w dawce 1,8 dm³/ha oraz insektycyd Decis 2,5 EC w dawce 250 cm³/ha). Linie pszenicy orkiszowej i twardej pochodziły ze Stacji Hodowli Roślin w Strzelcach. Po zbiorze ziarna oznaczono: MTZ – odliczając 2 x 500 ziarniaków, gęstość ziarna w stanie zsypanym – waga holenderska, wskaźnik sedymentacji Zeleny'ego, frakcje ziarna – sita Vogla, ilość glutenu w mące – wymywanie mechanicznie zgodnie z normą PN-A/74043, i jego rozplýwalność. Dokonano także oceny właściwości reologicznych ciasta posługując się farinografem. Na farinogramie odczytano: wodochłonność mąki (%), rezystencję (min i s), rozmięczenie ciasta (j.Br.) i wartość mieszkankową (walorymetryczną). Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji, oceniając istotność różnic testem Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

Ocenę jakościową ziarna badanych linii i odmiany pszenicy przedstawiono w tabelach 1, 2 i 3. Stwierdzono istotny wpływ ochrony chemicznej na następujące wyróżniki jakościowe ziarna pszenicy ozimej: masa 1000 ziarn, wskaźnik sedymentacji oraz ilość i rozplýwalność glutenu. Niezależnie od porównywanych odmian i linii pszenicy pod wpływem kompleksowej ochrony chemicznej stwierdzono wzrost MTZ o 2,5 g, spadek wskaźnika sedymentacji o 3,7 ml, spadek ilości glutenu

Tabela 1

Cechy fizyczne ziarna pszenicy ozimej w zależności od odmiany (linii) i ochrony roślin
Physical traits of winter wheat grain as affected by cultivars (lines) and plants protection

Odmiana i linie Cultivar and lines	MTZ Weight of 1000 grains (g)			Gęstość ziarna w stanie zsypanym Test weight (kg·hl ⁻¹)			Wyrównanie ziarna Grain uniformity (%)		
	M	K	średnio mean	M	K	średnio mean	M	K	średnio mean
Tonacja	45,5	46,1	45,8	77,6	75,5	76,5	96,7	96,0	96,3
STH 716	47,7	49,7	48,7	72,7	72,2	72,5	97,9	98,5	98,2
STH 717	41,7	46,6	44,1	76,0	78,4	77,2	91,0	92,9	91,9
STH 3	46,5	48,5	47,5	77,5	77,3	77,4	94,4	94,9	94,7
STH 715	40,6	43,5	42,1	77,0	77,8	77,4	92,3	95,9	94,1
Średnio Mean	44,4	46,9	-	76,2	76,2	-	94,5	95,6	-
NIR a		1,85			2,46			ns	
LSD b		0,83			ns			ns	
(α=0,05) a×b		2,62			ns			ns	

M – ochrona minimalna; minimal protection; K – ochrona kompleksowa; complex protection; a – dla odmiany i linii; for cultivar and lines; b – dla poziomów ochrony; for protection levels; a×b – dla interakcji odmiana i linie × poziomy ochrony; for interaction lines and cultivar × protection levels; ns – nieistotne; not significant

Tabela 2

Parametry jakościowe ziarna i mąki pszenicy ozimej w zależności od odmiany (linii) i ochrony roślin
Quality parameters of grain and flour of winter wheat as affected by cultivars (lines) and plants protection

Odmiana i linie Cultivar and lines	Wskaźnik sedimentacji Zeleny test (cm ³)			Ilość glutenu Gluten content (%)			Rozpływalność glutenu Gluten weakening (mm)		
	M	K	średnio mean	M	K	średnio mean	M	K	średnio mean
Tonacja	29,2	22,2	25,7	22,1	18,3	20,2	1,6	1,4	1,5
STH 716	13,9	13,6	13,8	30,7	27,6	29,1	8,9	5,4	7,1
STH 717	13,1	12,2	12,7	27,0	25,8	26,4	8,6	6,0	7,3
STH 3	28,7	23,7	26,2	30,7	26,8	28,8	5,9	4,1	5,0
STH 715	19,7	14,3	17,0	31,8	25,8	28,8	5,4	4,7	5,1
Średnio; Mean	20,9	17,2	-	28,5	24,8	-	6,1	4,3	-
NIR; LSD	a	3,51			3,14			2,28	
($\alpha=0,05$)	b	1,56			1,40			1,02	
	a×b	4,96			ns			ns	

Objaśnienia w tabeli 1; Explanations in table 1

o 3,7%, a także zmniejszenie rozpuszczalności glutenu o 1,8 mm. Spadek wskaźnika sedimentacji oraz wzrost rozmiękania ciasta w wyniku zastosowania antywylegacza stwierdzili Cacak-Pietrzak i in. (3). W niniejszej pracy intensyfikacja ochrony roślin spowodowała wzrost MTZ u linii STH 715, a u linii STH 717 dodatkowo zmniejszenie rozmiękania ciasta, a także spadek wartości testu sedimentacji u pszenicy zwyczajnej i obu linii pszenicy orkisz.

W prezentowanych badaniach takie wskaźniki jak: gęstość ziarna w stanie zsypanym, wyrównanie ziarna, wodochłonność mąki, rezystencja i rozmiękanie ciasta oraz wartość walorymetryczna nie zmieniały się istotnie pod wpływem intensywności ochrony. Podobnie Podolska i in. (15), oceniając wartość technologiczną pszenicy ozimej w zależności od intensywności ochrony zasiewów, wykazali istotność jedynie w przypadku gęstości ziarna w stanie zsypanym oraz wskaźnika sedimentacji. Pozostałe badane cechy dotyczące parametrów jakościowych ziarna i mąki (zawartość białka, ilość i rozpuszczalność glutenu), a także fizycznych właściwości mąki i ciasta (wodochłonność mąki, rezystencja ciasta) nie wykazywały istotnego zróżnicowania. Nieznaczne zmiany (statystycznie nieistotne) cech farinograficznych pod wpływem środków chwastobójczych wykazali z kolei Gil i in. (6).

Większość badanych wyróżników jakościowych wykazało istotne zróżnicowanie w obrębie porównywanych linii i odmiany pszenicy. Najbardziej dorodnym ziarnem wyróżniała się linia STH 716 pszenicy twardej i STH 3 pszenicy orkiszowej. Na wyższy poziom wskaźnika MTZ pszenicy twardej w porównaniu z pszenicą zwy-

Tabela 3

Fizyczne właściwości mąki i ciasta z pszenicy ozimej w zależności od odmiany (linii) i ochrony roślin
Physical properties of flour and dough from winter wheat as affected by cultivars (lines) and plants protection

Odmiana i linie Cultivar and lines	Wodochłonność mąki Water absorption (%)			Rezystancja ciasta Dough resistance (min)			Rozmiękczenie ciasta (j. Br.) Dough weakening (B.U.)			Wartość walorymetryczna Valorimeter value (j.u.)		
	M	K	średnio mean	M	K	średnio mean	M	K	średnio mean	M	K	średnio mean
Tonacja	59,2	58,3	58,8	1,71	1,54	1,62	114	114	114	32	31	32
STH 716	65,2	65,1	65,2	1,87	1,90	1,88	193	204	198	25	28	26
STH 717	61,4	60,4	60,9	1,54	1,77	1,65	226	166	196	21	26	23
STH 3	57,8	58,8	58,3	2,96	2,39	2,68	103	109	106	41	38	39
STH 715	58,6	56,8	57,7	2,52	2,15	2,33	150	150	150	33	31	32
Średnio; Mean	60,5	59,9	-	2,12	1,95	-	157	149	-	30	31	-
NIR; a	2,38			0,398			35,7			3,8		
LSD b	ns			ns			ns			ns		
($\alpha=0,05$) a×b	ns			ns			50,5			ns		

Objaśnienia w tabeli 1; Explanations in table 1

czajną wskazują również inne badania Rachonia (16). Podobnie gęstość ziarna w stanie zsypanym była istotnie różnicowania przez czynnik genetyczny. Wartości tego wskaźnika u linii STH 717 pszenicy twardej i obu linii pszenicy orkisz kształtowały się na zbliżonym poziomie (77,2–77,4 kg·hl⁻¹), a najmniejszą gęstością ziarna w stanie zsypanym cechowała się linia STH 716 pszenicy twardej. Odmiana pszenicy zwyczajnej Tonacja charakteryzowała się najlepszą rozplywalnością glutenu – 1,5 mm, i dobrym wskaźnikiem sedimentacji – 25,7 ml. Parametry te spełniają wymogi stawiane pszenicom jakościowym. Na uwagę zasługuje także linia STH 3 pszenicy orkiszowej, która cechowała się najwyższym wskaźnikiem sedimentacji – 26,2 ml – i wartością walorymetryczną, a także wysoką ilością glutenu – 28,8% i dobrą jego rozplywalnością – 5,0%.

Ocena farinograficzna wykazała znaczne rozmiękczenie ciasta u wszystkich gatunków pszenicy, szczególnie duże w przypadku linii pszenicy twardej (196–198 j.Br.). U linii pszenicy orkiszowej wskaźnik ten kształtował się na poziomie 106–150 j.Br. podobnie jak w badaniach Makowskiej i in. (9), a pszenicy zwyczajnej wynosił 114 j.Br. Achremowicz i in. (1) porównując rozmiękczenie ciasta z pszenicy orkiszowej i zwyczajnej uzyskali lepsze parametry dla *Triticum aestivum* ssp. *spelta*. Badania Gregorczyka i in. (7) wykazały wysoką korelację (0,925) między rozplywalnością glutenu a rozmiękczeniem ciasta, co znajduje potwierdzenie w badaniach własnych. W niniejszej pracy mąka uzyskana z ziarna linii pszenicy twardej była bardziej wodochłonna od mąki z linii pszenicy orkisz. Natomiast

w przypadku rezystencji ciasta linie pszenicy orkisz okazały się korzystniejsze zarówno od linii pszenicy twardej, jak i odmiany pszenicy zwyczajnej.

Wartość walorymetryczna (mieszankowa) dla badanych linii i odmian pszenicy kształtowała się na niskim poziomie od 23 j.u. (linia STH 717 pszenicy twardej) do 39 j.u. (linia STH 3 pszenicy orkiszowej). Pośrednią wartość tego parametru – 32 j.u. uzyskała odmiana pszenicy zwyczajnej Tonacja.

WNIOSKI

1. Wykazano istotny wpływ kompleksowej ochrony chemicznej na niektóre wyróżniki jakości ziarna pszenicy: MTZ, wskaźnik sedymentacji, ilość i rozpuszczalność glutenu.

2. Głównym czynnikiem różnicującym cechy fizyczne ziarna, mąki i ciasta oraz ich parametry jakościowe były właściwości genetyczne pszenic.

3. Odmiana pszenicy zwyczajnej Tonacja charakteryzowała się najlepszą rozpuszczalnością glutenu i dobrym wskaźnikiem sedymentacji.

4. Linia STH 716 pszenicy twardej miała najwyższą ilość glutenu oraz najbardziej dorodne ziarno.

5. Linia STH 3 pszenicy orkiszowej cechowała się najwyższym wskaźnikiem sedymentacji i najwyższą wartością walorymetryczną, a także dużą ilością glutenu i dobrą jego rozpuszczalnością.

LITERATURA

1. Achremowicz B., Kulpa D., Mazurkiewicz J.: Technologiczna ocena pszenic orkiszowych. Zesz. Nauk. AR Kraków, 1999, **360**: 11-17.
2. Bojňanská T., Frančáková H.: The use spelt wheat (*Triticum spelta* L.) for baking applications. Rostl. Výr., 2002, **48(4)**: 141-147.
3. Cacak-Pietrzak G., Cegielska A., Leszczyńska D.: Wpływ wybranych antywylegaczy na wartość wypiekową pszenicy ozimej. Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 2006, **46(2)**: 89-92.
4. Cichoń Z., Ptak M.: Analiza jakości wybranych rodzajów mąki pszennej. Zesz. Nauk. AE Kraków, 2005, **678**: 89-102.
5. Cyrkler-Degulis M., Bulińska-Radomska Z.: Zaniechane gatunki i stare odmiany zbóż, czy współczesne odmiany hodowlane dla rolnictwa ekologicznego? Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2007, **517**: 827-840.
6. Gil Z., Narkiewicz-Jodko M., Urban M.: Wartość przemiałowa ziarna i wypiekowa mąki odmian pszenicy ozimej w zależności od środków chemicznych. Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl., 2008, **48(2)**: 582-585.
7. Gregorczyk A., Smagacz J., Stankowski S., Fiejtek A.: Ocena współzależności cech technologicznych pszenicy ozimej. Acta Sci. Pol., Agricultura, 2008, **7(3)**: 65-71.
8. Kwiatkowski C., Wesołowski M., Harasim E., Kubecki J.: Plon i jakość ziarna odmian pszenicy ozimej w zależności od poziomu agrotechniki. Pam. Puł., 2006, **142**: 277-286.
9. Makowska A., Obuchowski W., Adler A., Sulewska H.: Charakterystyka wartości przemiałowej i wypiekowej wybranych odmian orkisz. Fragm. Agron., 2008, **1(97)**: 228-239.
10. Mazurkiewicz J.: Porównanie jakości technologicznej pszenicy i żyta uprawianych w warunkach konwencjonalnych i gospodarstwa ekologicznego. Acta Agrophys., 2005, **6(3)**: 729-741.

11. Miś A.: Wpływ wybranych czynników na wodochłonność i właściwości reologiczne glutenu pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.). Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie, Acta Agrophys., 2005, Rozprawy i monografie, **8**.
12. Nowak W., Sowiński J., Pietr J.S., Kita W.: Wpływ sposobów ochrony pszenicy ozimej na jakość ziarna konsumpcyjnego. Pam. Puł., 2005, **139**: 117-127.
13. Panasiewicz K., Sulewska H., Kozłara W.: Skuteczność biologicznych i chemicznych środków w ochronie pszenicy twardej przed chorobami grzybowymi. J. Res. Appl. Agric. Eng., 2008, **53(4)**: 30-32.
14. Podolska G.: Kształtowanie cech jakościowych ziarna pszenicy poprzez technologię produkcji. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2007, **9**: 55-64.
15. Podolska G., Stypuła G., Stankowski S.: Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej w zależności od intensywności zasiewów. Ann. UMCS Lublin – Polonia, sectio E, 2004, **59(1)**: 269-276.
16. Rachóń L.: Studia nad plonowaniem i jakością pszenicy twardej (*Triticum Durum* Desf.). Rozprawy Naukowe, Wyd. AR Lublin, 2001, **248**.
17. Rachóń L., Kulpa D.: Ocena przydatności ziarna pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) do produkcji pieczywa. Ann. UMCS Lublin – Polonia, sectio E, 2004, **59(2)**: 995-1000.
18. Rachóń L., Szumiło G., Czubańska M.: Plonowanie ozimych linii pszenicy orkisz w warunkach zróżnicowanego poziomu ochrony chemicznej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2009, **542**: 427-436.
19. Stankowski S., Podolska G., Pacewicz K.: Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i jakość ziarna odmian pszenicy ozimej. Ann. UMCS Lublin – Polonia, sec. E, 2004, **59(3)**: 1363-1369.

EVALUATION OF GRAIN QUALITY OF THREE SPECIES OF WINTER WHEAT IN CONDITIONS OF DIFFERENT PLANTS PROTECTION

Summary

The study was aimed at a technological evaluation of selected varieties and lines of 3 winter wheat species (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*, *Triticum durum*, *Triticum aestivum* ssp. *spelta*) under the conditions of varied plant protection (minimum and complex). The study material originated from strict, field, two-factorial experiments conducted in 3-year cycles in 2005–2008 at The Experimental Farm Felin, University of Life Sciences in Lublin. After the grain harvest the following parameters were determined: 1000-grain weight, test weight, grain uniformity, Zeleny's test, content of gluten in flour along with its weakening. Pharinographic assessment of flour through determining the flour water absorption, resistance, dough weakening, and mixture (valorimetric) value, was performed as well. Achieved results were statistically processed by means of variance analysis and difference significance was verified using Tukey's test. Considerable influence of a complex chemical protection on some indicators of wheat grain quality was found: 1000-grain weight, sedimentation indicator, gluten content and weakening. Lines and variety of the compared wheat species were the main factors that differentiated the physical features of grain, flour, and dough along with their quality parameters. The common wheat variety Tonacja was characterized by the best gluten weakening and good sedimentation indicator. Line STH 716 of durum wheat had the highest gluten content and the most shapely grain (high 1000-grain weight value). Line STH 3 of spelt was distinguished by the highest sedimentation indicator and valorimetric value, as well as a high content of gluten and its good weakening.

Praca wpłynęła do Redakcji 20 X 2009 r.

JANUSZ SMAGACZ, GRAŻYNA PODOLSKA

Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej
Zakład Uprawy Roślin Zbożowych
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

PLONOWANIE I JAKOŚĆ ZIARNA WYBRANYCH ODMIAN PSZENICY OZIMEJ W ZALEŻNOŚCI OD NASTĘPSTWA ROŚLIN I WYSTĘPOWANIA CHORÓB PODSTAWY ŻDŹBŁA

Grain yield and quality of winter wheat cultivars depending on crop rotation and occurrence of stem
base diseases

ABSTRAKT: Badania przeprowadzono w oparciu o trwałe doświadczenie płodozmianowe założone jesienią 1969 r. w RZD IUNG-PIB w Grabowie (powiat Zwoleń, woj. mazowieckie) na glebie kompleksu żyniego bardzo dobrego. Czynnikiem pierwszego rzędu było stanowisko w zmianowaniu: a) po ziemniakach; b) po owsie; c) po życie. Czynnikiem drugim stanowiły wybrane odmiany pszenicy ozimej: 1) jakościowe: Tonacja, Rywalka i Turnia; 2) odmiana chlebowa – Nutka; 3) odmiana ogólnoużytkowa – Symfonia. Celem przeprowadzonych w latach 2005–2008 badań było określenie wpływu doboru odmiany i różnego następstwa roślin na wydajność oraz kształtowanie się wybranych cech jakościowych ziarna pszenicy ozimej. Zakłada się, że istnieją pewne różnice odmianowe w reakcji tego zboża na przedplon oraz chemiczną ochronę roślin ukierunkowaną na zwalczanie chorób podstawy źdźbła. Oczekuje się, że wymienione czynniki kompensujące (dobór odmian, chemiczna ochrona przed chorobami podstawy źdźbła) prowadzić będą do poprawy zdrowotności łanu, a poprzez kompleksowe ich oddziaływanie można zwiększyć efektywność uprawy pszenicy ozimej w złych stanowiskach – po przedplonach kłosowych.

Każdego roku w okresie wegetacji oznaczano występowanie chorób podstawy źdźbła (porażenie systemu korzeniowego i dolnych międzywęźli) w fazie dojrzałości mleczno-woskowej. Po zbiorze roślin określono: plon ziarna, masę 1000 ziaren, masę hektolitra, zawartość białka i glutenu.

Udowodniono istotny wpływ stanowiska na wydajność pszenicy ozimej oraz wyraźne różnice odmianowe w reakcji tego gatunku na niekorzystny przedplon (uprawa zbóż po sobie). Stwierdzono również, że podstawową przyczyną spadku plonu pszenicy ozimej wysiewanej w złych stanowiskach (po przedplonach kłosowych) jest wzmożone występowanie chorób podstawy źdźbła, w tym głównie zgorzeli podstawy źdźbła wywołanej obecnością grzyba *Gaeumannomyces graminis*. Istotnie wyższe plony ziarna niektórych odmian pszenicy ozimej (Tonacja, Rywalka, Turnia) uprawianych w stanowisku po zbożach wynikają prawdopodobnie z mniejszej ich wrażliwości na porażenie przez patogeny podstawy źdźbła. W przeprowadzonych badaniach stwierdzono również, że jakość ziarna odmian pszenicy ozimej wyrażona masą tysiąca ziaren, ciężarem hektolitra oraz zawartością białka w ziarnie była istotnie gorsza w stanowisku po zbożach, natomiast zawartość glutenu nie zależała w istotny sposób od następstwa roślin.

słowa kluczowe – *key words*:

pszenica ozima – *winter wheat*, odmiany – *cultivars*, jakość ziarna – *grain quality*, choroby podstawy źdźbła – *stem base diseases*

WSTĘP

Pszenica jest podstawowym zbożem towarowym, a jej ziarno musi charakteryzować się odpowiednimi parametrami jakościowymi. Pośród czynników agrotechnicznych wpływających bezpośrednio na jakość ziarna zbóż, w tym pszenicy ozimej, duże znaczenie ma nawożenie azotem (4, 5, 8, 9, 12, 19, 20). Jednak oddziaływanie stanowiska w zmianowaniu oraz poziom zastosowanej agrotechniki ma zasadnicze znaczenie dla wielkości i wierności uzyskiwanych plonów, a co się z tym wiąże – pośrednio wpływa na jakość ziarna i jego wartość użytkową (1, 6, 10-15). W przypadku pszenicy ozimej, szczególnie wrażliwej na niekorzystny przedplon, uzyskuje się często w złych stanowiskach (przedplony kłosowe) gorszą jakość ziarna (1, 15, 16) z uwagi na silniejsze porażenie roślin przez patogeny wywołujące choroby podstawy źdźbła (7, 17, 18).

Celem badań było określenie wpływu doboru odmiany i różnego następstwa roślin na wydajność oraz kształtowanie się wybranych cech jakościowych ziarna pszenicy ozimej.

Zakłada się, że istnieją różnice odmianowe w reakcji pszenicy ozimej na przedplon oraz porażenie przez patogeny wywołujące choroby podstawy źdźbła. Oczekuje się, że czynniki kompensujące: dobór odmian, chemiczna ochrona roślin przed chorobami, prowadzić będą do poprawy zdrowotności łanu oraz że kompleksowe ich oddziaływanie zwiększy efektywność uprawy pszenicy w złych stanowiskach – po przedplonach kłosowych.

METODYKA

Badania przeprowadzono w oparciu o trwałe ściśle doświadczenie płodozmianowe, założone jesienią 1969 roku w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym IUNG-PIB w Grabowie (51°21' N, 21°40' E) na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego. Prowadzono je polami wszystkich roślin równocześnie, w 4 powtórzeniach, a wielkość poletek do zbioru wynosiła 17,16 m². Schemat doświadczenia obejmował 4 zmianowania (czynnik I) z różnym udziałem zbóż w strukturze zasiewów. Dodatkowo w II i IV polu płodozmianowym, gdzie wysiewano pszenicę ozimą, wprowadzono do każdego zmianowania 5 odmian pszenic (czynnik II) wybranych z różnych grup wartości technologicznej: 2 odmiany pszenicy jakościowej (Rywalka i Turnia); 2 odmiany pszenicy chlebowej (Nutka i Tonacja); jedna odmiana paszowa – Symfonia, wg poniższego schematu:

Roślina zmianowania	A – 50% zbóż	B – 75% zbóż	C – 75% zbóż	D – 100% zbóż (monokultura)
I	ziemniak ^{xx}	ziemniak ^{xx}	bobik ^{xx}	owies ^{xx}
II	5 odmian pszenicy ozimej: Nutka, Tonacja, Rywalka, Turnia, Symfonia			
III	pastewne ^I	owies	pszenżyto	żyto
IV	5 odmian pszenicy ozimej: Nutka, Tonacja, Rywalka, Turnia, Symfonia			

^{xx}/ obornik w dawce 30 t·ha⁻¹ raz w rotacji; ^I/ międzyplon ozimy z żyta, a w plonie wtórnym kukurydza na kiszonkę

Uprawa roli była typowa dla każdego ogniwa zmianowania. Siew wykonywano każdego roku w terminie optymalnym, przyjmując jednakową (dla wszystkich odmian i w każdym zmianowaniu) obsadę 4,5 mln kiełkujących ziarniaków na 1 ha. Nawożenie mineralne nie było zróżnicowane w zależności od odmiany i stanowiska w zmianowaniu. Zasobność gleby, oceniana każdego roku po sprzęcie roślin, była w przyswajalny fosfor wysoka do bardzo wysokiej, w potas średnia do wysokiej, natomiast w magnez niska do średniej. Odczyn gleby był lekko kwaśny. Nawożenie azotem w ilości 120 kg N·ha⁻¹ zastosowano w trzech terminach: 1) ruszenia wegetacji (BBCH 23-25) – 60 kg N·ha⁻¹, 2) strzelania w źdźbło (BBCH 32-37) – 36 kg N·ha⁻¹, 3) kłoszenia (BBCH 54-58) – 24 kg N·ha⁻¹. Stosowano 34% saletrę amonową.

Ochrona roślin przed chorobami była zgodna z zaleceniami Instytutu Ochrony Roślin – PIB w Poznaniu. W fazie pierwszego kolanka (BBCH 31) stosowano preparaty przeciwko chorobom podstawy źdźbła: w roku 2005 i 2007 był to Alert 375 SC, zaś w 2006 i 2008 roku Juwel TT 483 SE, natomiast na początku fazy kwitnienia (BBCH 61) stosowano: w roku 2005 Swing Top 183 SC, w roku 2006 Alert 375 SC, w roku 2007 zastosowano Tilt Plus 400 EC łącznie z preparatem Artea 330 EC, zaś w 2008 roku – Charisma 207 EC, w dawkach zalecanych przez IOR-PIB. Dodatkowo w IV polu płodozmianowym, zamiast standardowej zaprawy nasiennej, zastosowano nowy preparat Jockey 201 FS, którego spektrum działania jest szersze w porównaniu z innymi zaprawami nasiennymi, m.in. o możliwość zwalczania zgorzeli podstawy źdźbła. Stosowanie tego preparatu ma również zapobiegać, wg zapewnień firmy BASF, występowaniu chorób liści (septorioza, rdza brunatna) do początku fazy strzelania w źdźbło. W odpowiednich terminach oraz dawkach, zalecanych przez IOR-PIB w Poznaniu, stosowano również zabiegi herbicydowe w celu ograniczenia zachwaszczenia.

Każdego roku w fazie dojrzałości mleczno-woskowej (BBCH 75-83) pobierano próby w celu oznaczenia porażenia roślin przez patogeny podstawy źdźbła. Ocenie podlegała część nadziemna (dolne międzywęźla) oraz system korzeniowy wszystkich porównywanych odmian pszenicy ozimej. Każdorazowo wykopywano losowo po 10–15 roślin, co stanowiło próbę około 40–60 roślin z obiektu w przypadku oceny porażenia systemu korzeniowego oraz około 100 źdźbeł z obiektu w przypadku oceny porażenia dolnych międzywęźli. Oceniając porażenie systemu korzeniowego wydzielono 5 grup roślin, posługując się skalą przyjętą przez Korbasa i in. (7), natomiast przy ustalaniu stopnia porażenia dolnych międzywęźli posługiwano się 4-stopniową skalą opisaną przez Bojarczuk i Bojarczuk (2).

W fazie dojrzałości pełnej określono natomiast plon ziarna i niektóre elementy plonowania: obsadę kłosów, masę 1000 ziaren oraz masę hektolitra. Następnie w ziarnie porównywanych odmian pszenicy ozimej oceniono zawartość białka i ilość glutenu. Białko oznaczono wg metody Dumasa poprzez spalenie próbki w tlenie na aparacie FP-528 – LECO w akredytowanym Głównym Laboratorium Analiz Chemicznych IUNG-PIB, natomiast gluten aparatem Glutomatic 2000 w Zakładzie Uprawy Roślin Zbożowych IUNG-PIB w Puławach.

Wyniki opracowano statystycznie oceniając najmniejszą istotną różnicę za pomocą testu Tukeya dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$. Obliczono również korelacje pomiędzy plonem ziarna, elementami jego struktury, zawartością białka i glutenu oraz porażeniem systemu korzeniowego i podstawy źdźbła. W niniejszym opracowaniu przedstawiono jedynie fragment badań dotyczący porównania odmian pszenicy ozimej tylko w wybranych stanowiskach, tj.: a) po ziemniaku na oborniku w zmianowaniu A – 50% zbóż; b) po owsie uprawianym na oborniku w zmianowaniu D – 100% zbóż; c) po życie, również w zmianowaniu D.

Przebieg warunków pogodowych w poszczególnych latach badań był zróżnicowany (tab. 1). Najcieplejszy okazał się sezon 2006/2007, w którym średnia dobową temperatura powietrza była o ponad 2°C wyższa w porównaniu do średniej z wielolecia (lata 1976–2008). Był to zarazem najwilgotniejszy sezon w badanym okresie, szczególnie w miesiącach maj–sierpień. Znacznie mniejsze ilości opadów zanotowano natomiast w pierwszych dwóch latach badań (sezon 2004/2005 i 2005/2006), szczególnie w okresie jesiennym (wrzesień–październik) oraz w miesiącu kwietniu i czerwcu. Towarzyszyły temu zwykle wyższe od średniej z wielolecia dobowe temperatury powietrza. Za lata o dość sprzyjającym przebiegu warunków pogodowych dla pszenicy ozimej (korzystniejszy rozkład i suma opadów oraz przebieg średnich temperatur powietrza) można uznać sezon 2007/2008 oraz 2004/2005. Stwierdzono wówczas wyższy poziom plonowania pszenicy ozimej.

Tabela 1

Miesięczne sumy opadów i średnie temperatury powietrza w okresie badań i w wieloleciu według stacji meteorologicznej w Grabowie
Monthly total precipitation and mean air temperature in the research period and multiyear values reported by the Grabów Meteorological Station

Miesiąc Month	Temperatura; Temperature (°C)					Opady; Precipitation (mm)				
	2004/ 2005	2005/ 2006	2006/ 2007	2007/ 2008	1976– 2008	2004/ 2005	2005/ 2006	2006/ 2007	2007/ 2008	1976– 2008
IX	13,0	14,8	15,5	12,8	13,0	17,5	43,6	13,8	77,4	63,8
X	9,7	8,8	10,0	7,6	8,3	35,4	5,6	33,8	12,7	42,5
XI	3,3	2,8	5,4	1,2	2,8	64,2	29,0	47,1	49,9	40,2
XII	1,6	-0,4	3,1	-0,7	-0,9	16,6	81,6	26,0	10,4	37,4
I	0,3	-8,7	3,0	0,8	-2,5	46,5	25,7	73,5	51,9	32,1
II	-4,0	-4,1	-0,9	2,6	-1,8	26,9	23,9	37,4	17,0	26,3
III	-0,2	-1,5	6,3	3,5	2,0	41,9	51,8	38,0	62,8	38,3
IV	8,6	9,0	8,7	9,0	8,0	10,2	30,1	13,3	71,8	46,9
V	13,5	13,6	15,2	13,1	13,7	84,0	53,4	74,6	87,6	61,2
VI	16,1	17,4	18,7	17,6	16,6	46,3	38,2	99,9	51,1	78,5
VII	20,0	22,4	19,2	18,9	18,4	132,8	10,0	75,5	85,4	86,0
VIII	17,5	17,9	19,1	18,9	17,8	36,8	219,5	151,7	54,5	79,1

WYNIKI

Analiza wariancji w syntezie za 4 lata badań wykazała istotne zróżnicowanie plonowania pszenicy ozimej w zależności od doboru odmiany oraz następstwa roślin w zmianowaniu. Najwyższe przeciętne plony ziarna tego gatunku ($7,40 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) uzyskano, wysiewając go w stanowisku po ziemniaku uprawianym na oborniku w zmianowaniu typu norfolckiego – 50% zbóż w strukturze zasiewów (tab. 2). Istotnie mniejszą wydajność tego zboża (o około 4–5%) stwierdzono natomiast w stanowisku po owsie na oborniku w zmianowaniu D oraz po złym przedplonie, tj. po życie, również w zmianowaniu D – wielogatunkowa monokultura zbożowa – względne spadki plonu wyniosły wówczas ponad 20% ($1,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$); (tab. 2 i 3).

Najwyżej, niezależnie od stanowiska w zmianowaniu, plonowała odmiana z grupy B (chlebowa) Tonacja, podobnie odmiana chlebowa Nutka oraz dwie odmiany jakościowe, tj. Turnia i Rywalka. Względne spadki plonu sięgały tu jedynie 2–4%. Istotnie mniejszą produktywność, w porównaniu z najlepiej plonującą odmianą Tonacja, zanotowano w przypadku odmiany z grupy pszenic paszowych – Symfonia, a różnica w wydajności sięgała $0,33 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, tj. około 5%. Należy jednak wspomnieć, że plonowanie tej odmiany nie odbiegało istotnie od produktywności odmian: Turnia, Rywalka i Nutka (tab. 2). Jednocześnie u odmiany Symfonia zanotowano największy współczynnik zmienności plonu ($V=35,6\%$), bardzo zbliżony do wartości dla wydajniejszej (średnio za 4 lata badań, niezależnie od stanowiska w zmianowaniu) odmiany chlebowej Nutka. Pozostałe odmiany (Turnia, Rywalka i Tonacja) cechowały mniejsze wartości tego współczynnika, co wskazuje na bardziej stabilną ich produktywność w badanym okresie (tab. 3).

W dobrym stanowisku (po ziemniaku na oborniku) najlepiej plonowała odmiana z grupy pszenic chlebowych Nutka. Średnie plony ziarna tej odmiany ukształtowały się na poziomie $7,70 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Podobnej wielkości plon ziarna uzyskano w przypadku odmian: paszowej – Symfonii, chlebowej – Tonacji oraz jakościowej – Turni. Istotnie (o około 7%) mniejszą wydajność, w porównaniu z najlepiej plonującą w tym stanowisku odmianą Nutka, stwierdzono w przypadku jakościowej odmiany Rywalka (tab. 2). W stanowisku po owsie nie udowodniono potwierdzonych statystycznie różnic w wydajności pszenicy w zależności od doboru odmiany. Interesujących wyników dostarczyła natomiast analiza wariancji dla ocenianych odmian pszenicy ozimej w złym stanowisku – po życie (tab. 2). Stwierdzono wyraźne różnice odmianowe w reakcji pszenicy na niekorzystny przedplon. Najwyżej plonowała odmiana chlebowa Tonacja, a przeciętne plony jej ziarna w badanym okresie (lata 2005–2008) ukształtowały się na poziomie $6,39 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Podobnej wielkości plon ziarna uzyskano w przypadku odmian jakościowych (Rywalka i Turnia), a względny spadek ich wydajności, w stosunku do odmiany Tonacja, wyniósł około 6–7%. Istotnie mniejszą produktywność zanotowano natomiast w przypadku odmiany chlebowej Nutka oraz odmiany paszowej Symfonia, a wyliczone spadki plonu sięgały 10–15% względem najlepiej plonującej po tym przedplonie odmiany z grupy B – Tonacja (tab. 2).

Tabela 2

Plonowanie pszenicy ozimej w zależności od odmiany i następstwa roślin (średnio za lata 2005–2008)
Yielding of winter wheat in dependence on cultivar and crop rotation (mean for 2005–2008)

Odmiana Cultivar	Przedplon; Preceding crop			Średnia Mean
	ziemniak ^{xx/} potato ^{xx}	owies ^{xx} oats ^{xx}	żyto rye	
Nutka	7,70	7,11	5,76	6,86
Tonacja	7,38	7,14	6,39	6,97
Rywalka	7,13	6,93	5,98	6,68
Turnia	7,28	7,16	5,94	6,79
Symfonia	7,50	7,00	5,43	6,64
Średnia; Mean	7,40	7,07	5,90	6,79
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for:				
odmiany; cultivar				0,314
przedplonu; preceding crop				0,215
współdziałania: odmiana x przedplon; interaction: cultivar x preceding crop				0,551

^{xx/} obornik 30 t·ha⁻¹ raz w rotacji; farm manure 30 t·ha⁻¹ once in a crop rotation

Z przeprowadzonej analizy plonowania pszenicy ozimej wynika również, że poszczególne odmiany tego gatunku reagowały różnym spadkiem wydajności na uprawę po przedplonach zbożowych w porównaniu z ich wydajnością uzyskaną po ziemniaku (tab. 3). W stanowisku po owsie, powszechnie uważanym za najlepszy pośród zbóż przedplon, względne spadki plonu sięgały zaledwie kilku procent. Lepsze w tym względzie okazały się odmiany: Turnia, Rywalka i Tonacja (2–3% ubytek plonu ziarna), gorsze natomiast odmiany: Symfonia oraz Nutka, gdzie stwierdzone ubytki w plonie sięgały 7–8%. W stanowisku po życie obserwowane spadki wydajności uległy pogłębieniu i były większe w przypadku odmian silniej reagujących na niekorzystny przedplon. W przypadku odmiany paszowej Symfonia oraz chlebowej odmiany Nutka ubytki plonu ziarna sięgały odpowiednio 28 oraz 25%, natomiast u odmian mniej wrażliwych na takie następstwo roślin (Tonacja, Rywalka, Turnia) ukształtowały się na poziomie 13–18% (tab. 3).

Wykonana tuż przed sprzętem roślin ocena obsady pędów produkcyjnych wskazuje, że zarówno rodzaj przedplonu, jak i dobór odmiany istotnie różnicował ten element struktury plonu pszenicy ozimej (tab. 4). Najwyższe wartości tej cechy, niezależnie od odmiany, uzyskano po dobrym przedplonie, tj. ziemniakach na oborniku, tylko nieco mniejsze (o około 3%) po owsie, natomiast istotnie mniejsze (blisko o 13%) w stanowisku po życie. Pośród odmian najwyższą, niezależnie od następstwa roślin, obsadą kłosów charakteryzowała się najlepiej plonująca w omawianym okresie (lata 2005–2008) odmiana Tonacja. Obsada pędów produkcyjnych odmiany Turnia była o 5% mniejsza, natomiast w przypadku obsady kłosów odmian Symfonia, Rywalka oraz Nutka różnica ta wynosiła średnio około 8% i była istotna staty-

Tabela 3

Spadki plonu ziarna pszenicy ozimej w zależności od odmiany i następstwa roślin
(średnio za lata 2005–2008, ziemniak = 100%)
Grain yield drops of winter wheat in dependence on cultivar and crop rotation
(mean for 2005–2008, potato = 100%)

Odmiana Cultivar	Przedplon; Preceding crop			V ¹⁾ (%)
	ziemniak ^{xx} potato ^{xx}	owies ^{xx} oats ^{xx}	żyto rye	
Nutka	7,70	7,6	25,2	35,4
Tonacja	7,38	3,3	13,4	29,4
Rywalka	7,13	2,8	16,1	31,0
Turnia	7,28	1,7	18,5	28,0
Symfonia	7,50	6,7	27,6	35,6
Średnia; Mean	7,40	4,5	20,3	31,9

1) współczynnik zmienności; variation coefficient

Tabela 4

Obsada kłosów (szt.·m⁻²) pszenicy ozimej w zależności od odmiany i następstwa roślin
(średnio za lata 2005–2008)
Number of ears per m² of winter wheat in dependence on cultivar and crop rotation
(mean for 2005–2008)

Odmiana Cultivar	Przedplon; Preceding crop			Średnia Mean
	ziemniak ^{xx} potato ^{xx}	owies ^{xx} oats ^{xx}	żyto rye	
Nutka	516	518	458	498
Tonacja	582	546	491	540
Rywalka	522	494	474	497
Turnia	541	522	476	513
Symfonia	523	528	448	499
Średnia; Mean	537	522	469	509
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for:				
odmiany; cultivar				31,1
przedplonu; preceding crop				21,4
współdziałania: odmiana x przedplon; interaction: cultivar x preceding crop				54,7

stycznie (tab. 4). Współdziałanie odmiany z przedplonem zanotowano jedynie dla zmianowania A – uprawa pszenicy po ziemniaku. Istotnie wyższe wartości obsady pędów produkcyjnych w tym stanowisku stwierdzono u odmiany chlebowej Tonacja. Tylko nieco mniejszą obsadą charakteryzowała się odmiana z grupy pszenic jakościowych – Turnia, natomiast w przypadku pozostałych trzech odmian udowodniono istotnie mniejsze wartości tej cechy, średnio o 10–11% (tab. 4). W przypadku

Tabela 5

Cechy jakościowe ziarna pszenicy ozimej w zależności od odmiany i następstwa roślin
(średnio za lata 2005–2008)
Quality traits of grain of winter wheat in dependence on cultivar and crop rotation (mean for 2005–2008)

Odmiana Cultivar	Przedplon; Preceding crop			Średnia Mean
	ziemniak ^{xx} potato ^{xx}	owies ^{xx} oats ^{xx}	żyto rye	
masa tysiąca ziaren; weight of 1000 kernels (g)				
Nutka	43,2	43,6	40,3	42,4
Tonacja	47,6	45,7	44,5	46,0
Rywalka	45,8	45,1	42,1	44,4
Turnia	47,3	46,4	44,1	46,0
Symfonia	43,8	43,5	39,8	42,4
Średnia; Mean	45,6	44,9	42,2	44,2
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for:				
odmiany; cultivar				1,09
przedplonu; preceding crop				0,70
współdziałania: odmiana x przedplon; interaction: cultivar x preceding crop				1,83
ciężar hektolitra; test weight (kg·hl ⁻¹)				
Nutka	75,8	76,0	73,2	75,0
Tonacja	77,3	77,6	75,8	76,9
Rywalka	77,3	77,4	76,1	76,9
Turnia	76,3	77,1	76,1	76,5
Symfonia	76,2	75,3	73,6	75,0
Średnia; Mean	76,6	76,7	75,0	76,1
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for:				
odmiany; cultivar				0,86
przedplonu; preceding crop				0,50
współdziałania: odmiana x przedplon; interaction: cultivar x preceding crop				1,35
zawartość glutenu; gluten content (%) ^{1/}				
Nutka	30,5	30,3	30,7	30,5
Tonacja	31,9	32,3	31,0	31,7
Rywalka	32,1	31,7	31,8	31,9
Turnia	33,3	31,2	30,6	31,7
Symfonia	30,0	30,9	32,0	30,9
Średnia; Mean	31,5	31,3	31,2	31,4
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for:				
odmiany; cultivar				r.n.
przedplonu; preceding crop				r.n.
współdziałania: odmiana x przedplon; interaction: cultivar x preceding crop				2,29
zawartość białka; protein content (%) ^{1/}				
Nutka	12,8	12,2	12,4	12,5
Tonacja	13,3	12,9	12,9	13,0
Rywalka	13,7	13,2	13,0	13,3
Turnia	13,4	13,1	12,7	13,1
Symfonia	12,6	12,2	12,9	12,6
Średnia; Mean	13,2	12,7	12,8	12,9
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for:				
odmiany; cultivar				0,29
przedplonu; preceding crop				0,21
współdziałania: odmiana x przedplon; interaction: cultivar x preceding crop				0,52

^{1/} cechy jakościowe oceniane w latach 2006–2008; quality traits evaluated in 2006–2008

r.n. – różnice nieistotne; non-significant differences

wysiewu pszenicy ozimej po zbożach (zmianowanie D) zanotowano bardzo zbliżone wartości badanej cechy struktury plonu dla poszczególnych odmian, zarówno po dobrym przedplonie, jakim był owies, jak również po złym, który stanowiło żyto. Należy jednak zaznaczyć, że liczba pędów produkcyjnych odmian wysiewanych w złym stanowisku (z wyjątkiem odmiany Rywalka) była istotnie mniejsza niż dla tych samych odmian uprawianych po dobrym przedplonie (tab. 4).

Oceniając masę tysiąca ziaren jako element struktury plonu oraz jeden z wyróżników jakości ziarna pszenicy ozimej, stwierdzono wyraźne zróżnicowanie tej cechy w zależności od następstwa roślin w zmianowaniu oraz doboru odmiany. Większe wartości MTZ, średnio za 4 lata badań, zanotowano w stanowisku po ziemniaku. Wysiew pszenicy po owsie nie spowodował wyraźnego zmniejszenia dorodności ziarna, natomiast uprawa po życie przyczyniła się do istotnego pogorszenia tej cechy, przeciętnie o około 8% (tab. 5). Lepszą dorodnością ziarna, niezależnie od stanowiska w zmianowaniu, charakteryzowała się odmiana Tonacja oraz odmiana Turnia. U pozostałych odmian (Rywalka, Nutka i Symfonia) udowodniono istotnie mniejszą masę tysiąca ziaren, przeciętnie o 4–8% (tab. 5).

Potwierdzona statystycznie interakcja (odmiana x przedplon) umożliwia porównanie dorodności ziarna odmian pszenicy ozimej w zależności od następstwa roślin. W stanowisku po ziemniaku największą masą tysiąca ziaren, podobnie jak w przypadku oceny obsady pędów produkcyjnych, wyróżniała się odmiana Tonacja oraz Turnia. Istotnie mniejszą dorodność ziarna po tym przedplonie zanotowano u odmian Nutka i Symfonia. Należy również zaznaczyć, że uzyskane wartości masy tysiąca ziaren dla dwóch ostatnich odmian różniły się także istotnie od masy tysiąca ziaren dla odmiany Rywalka, przeciętnie o 4–6%. Podobne zależności, jednak przy ogólnie niższym poziomie wartości bezwzględnych, uzyskano w przypadku uprawy pszenicy po życie. W stanowisku po owsie natomiast zbliżone i jednocześnie najwyższe wartości masy tysiąca ziaren uzyskano dla odmian: Turnia, Tonacja i Rywalka, zaś istotnie mniejsze w porównaniu z nimi dla odmian Nutka i Symfonia (tab. 5).

Analiza wariancji dla gęstości ziarna w stanie zsywnym wykazała istotną zależność tej cechy od następstwa roślin w zmianowaniu oraz odmiany. Mniejszą masę hektolitra, niezależnie od odmiany, miało ziarno pszenicy ozimej wysiewanej po życie niż po dobrych przedplonach, tj. w stanowisku po owsie oraz po ziemniaku (tab. 5). Jednocześnie stwierdzono, że jakość ziarna, wyrażona ciężarem hektolitra, była istotnie wyższa w przypadku odmian: Tonacja, Turnia i Rywalka, natomiast u odmian Nutka i Symfonia była niższa, przeciętnie o około 2 kg·hl⁻¹. Oceniając tę cechę jakości ziarna pszenicy ozimej w poszczególnych stanowiskach należy podkreślić, że ziarno odmian Tonacja, Rywalka i Turnia charakteryzowała istotnie większa gęstość w stanie zsywnym niż odmian Nutka i Symfonia. Jednocześnie obydwie te odmiany zareagowały istotnym obniżeniem jakości ziarna (mniejszy ciężar hektolitra) na uprawę po złym przedplonie (żyto uprawiane w wielogatunkowej monokulturze zbożowej) w porównaniu z przedplonem dobrym, tj. ziemniakiem uprawianym na oborniku w zmianowaniu typu norfolckiego – 50% zbóż w strukturze zasiewów (tab. 5).

Oceniona w latach 2006–2008 zawartość glutenu w ziarnie pszenicy ozimej nie zależała w istotny sposób od odmiany i następstwa roślin. Pośród porównywanych odmian jedynie w przypadku Turni udowodniono istotnie mniejszą ilość glutenu mokrego w stanowisku po życie w porównaniu z jego zawartością uzyskaną po ziemniaku (tab. 5).

Zawartość białka w ziarnie, podobnie jak ciężar hektolitra, zależała w istotny sposób od odmiany oraz stanowiska w zmianowaniu. Największą jego zawartość w ziarnie pszenicy ozimej, średnio za 3 lata badań, stwierdzono po ziemniaku, natomiast po owsie i życie była ona istotnie mniejsza. Jednocześnie ziarno odmian: Tonacja, Turnia i Rywalka zawierało istotnie więcej białka ogólnego aniżeli odmian Nutka i Symfonia. Zależności te wystąpiły po obydwu dobrych przedplonach (tab. 5).

Tabela 6

Porażenie systemu korzeniowego i dolnych międzywęźli pszenicy ozimej przez patogeny podstawy źdźbła w zależności od odmiany i następstwa roślin (średnio za lata 2005–2008)

Infection of root system and culm base by stem base pathogens of winter wheat in dependence on cultivar and crop rotation (mean for 2005–2008)

Odmiana Cultivar	Przedplon; Preceding crop			Średnia Mean
	ziemniak ^{xx} potato ^{xx}	owies ^{xx} oats ^{xx}	żyto rye	
indeks porażenia korzeni; take-all index (%)				
Nutka	3,7	3,7	26,2	11,2
Tonacja	2,4	2,2	18,7	7,7
Rywalka	3,0	3,9	14,0	7,0
Turnia	2,5	3,2	20,3	8,6
Symfonia	5,1	5,7	25,8	12,2
Średnia; Mean	3,3	3,7	21,0	9,4
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for:				
odmiany; cultivar				3,31
przedplonu; preceding crop				2,71
współdziałania: odmiana x przedplon; interaction: cultivar x preceding crop				6,60
indeks porażenia pędów; eye-spot index (%)				
Nutka	33,5	35,1	37,7	35,4
Tonacja	37,5	37,4	34,8	36,6
Rywalka	36,5	35,6	32,8	35,0
Turnia	36,0	33,3	40,6	36,6
Symfonia	41,7	45,7	45,2	44,2
Średnia; Mean	37,0	37,4	38,2	37,4
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$) dla: for:				
odmiany; cultivar				4,11
przedplonu; preceding crop				r.n.
współdziałania: odmiana x przedplon; interaction: cultivar x preceding crop				4,14

r.n. – różnice nieistotne; non-significant differences

Oznaczone w fazie dojrzałości mleczo-woskowej porażenie roślin przez patogeny wywołujące choroby podstawy źdźbła wskazuje, że porażenie systemu korzeniowego pszenicy ozimej, niezależnie od odmiany, było istotnie wyższe w złym stanowisku (uprawa po życie) w porównaniu z porażeniem oznaczonym w obiekcie kontrolnym – uprawa po ziemniaku. W stanowisku po owsie, uważanym również za dobry przedplon dla innych gatunków zbóż, zanotowano podobnie niski stopień porażenia korzeni jak po ziemniaku (tab. 6). Jednocześnie dla obu dobrych przedplonów nie udowodniono istotnego zróżnicowania w stopniu porażenia korzeni poszczególnych odmian pszenicy ozimej, jakie jednak stwierdzono w stanowisku po życie. Najsilniej porażona była odmiana paszowa Symfonia oraz odmiana chlebowa Nutka, a wyliczone wartości indeksów porażenia, średnio za 4 lata badań, ukształtowały się na poziomie około 26%. Pozostałe odmiany (Rywalka, Tonacja i Turnia) okazały się mniej wrażliwe na występowanie zgorzeli podstawy źdźbła, a wartości indeksów porażenia były istotnie mniejsze i wyniosły od 14 do 20% (tab. 6).

Porażenie dolnych międzywęźli przez kompleks grzybów wywołujących choroby podstawy źdźbła nie zależało w istotny sposób od stanowiska w zmianowaniu. Wyliczone wartości indeksów porażenia, niezależnie od odmiany, ukształtowały się bowiem na dość zbliżonym poziomie, przyjmując wartości od 37,0% dla obiektu po

Tabela 7

Współczynniki korelacji prostej pomiędzy plonem ziarna, elementami jego struktury, cechami jakości ziarna a porażeniem systemu korzeniowego i podstawy źdźbła przez patogeniczne grzyby
Correlation coefficient between grain yield, its components, quality traits of grain and infection of root system and culm base by stem base pathogens

Cecha Feature	A	B	C	D	E	F
Plon ziarna (A) Grain yield (A)	X	0,79	0,85	0,21	-0,63	-0,37
Liczba kłosów (B) Number of ears (B)	0,79	X	0,67	0,20	-0,52	-0,27
Masa tysiąca ziaren (C) Weight of 1000 kernels (C)	0,85	0,67	X	0,33	-0,58	-0,22
Ciężar hektolitra (D) Test weight (D)	0,21	0,20	0,33	X	ni	ni
Zawartość białka (E) Protein content (E)	-0,63	-0,52	-0,58	ni	X	0,67
Zawartość glutenu (F) Gluten content (F)	-0,37	-0,27	-0,22	ni	0,67	X
Porażenie korzeni Take-all	-0,35	-0,33	-0,27	-0,37	ni	ni
Porażenie pędów Eye-spot	0,51	0,49	0,55	ni	-0,58	-0,35

ni – korelacja nieistotna; non-significant correlation

ziemniaku do 38,2% po życie. Pośród porównywanych odmian istotnie silniej porażona była jedynie odmiana paszowa Symfonia, zarówno po przedplonach dobrych (ziemniak, owies), jak i po przedplonie złym, jakim było żyto (tab. 6).

Wyliczone na całym zbiorze danych ($n=240$) współczynniki korelacji prostej wskazują, że plon ziarna pszenicy ozimej zależał w istotny sposób od masy tysiąca ziaren oraz obsady pędów produkcyjnych. Udowodniono również istotną, ale jednocześnie dość słabą, odwrotną zależność plonu ziarna od porażenia systemu korzeniowego roślin. Dodatnia korelacja pomiędzy plonem ziarna a porażeniem dolnych międzywęźli przez patogeny podstawy źdźbła była tylko pozorna, albowiem nie udowodniono istotnych różnic w porażeniu podstawy źdźbła w zależności od stanowiska w zmianowaniu (tab. 6 i 7). Jakość ziarna pszenicy ozimej, wyrażona zawartością białka i glutenu, była odwrotnie i jednocześnie słabo skorelowana z występowaniem chorób na dolnych międzywęźlach, natomiast w ogóle nie zależała od stopnia porażenia systemu korzeniowego roślin. Porażenie korzeni wywarło ujemny wpływ na kształtowanie się cech fizycznych ziarna, takich jak ciężar hektolitra i masa tysiąca ziaren, chociaż zależności te były dość słabe. Porażenie pędów natomiast nie wpłynęło istotnie na gęstość ziarna w stanie zsywnym, zaś korelacja pomiędzy masą tysiąca ziaren a występowaniem chorób na dolnych międzywęźlach, podobnie jak w przypadku plonu ziarna, była jedynie pozorna (tab. 7).

DYSKUSJA

Prezentowane wyniki 4-letnich badań nad oceną plonowania oraz jakości ziarna pszenicy ozimej w zależności od odmiany, stanowiska w zmianowaniu oraz występowania chorób podstawy źdźbła wskazują, że cechy jakościowe ziarna w znacznym stopniu uwarunkowane są czynnikiem genetycznym – odmianą. Wyrażne zależności stwierdzono bowiem dla takich cech, jak: masa tysiąca ziaren, ciężar hektolitra i zawartość białka w ziarnie. Takich zależności nie zanotowano jednak dla zawartości glutenu. Do podobnych konkluzji dochodzą również w swoich badaniach m.in. Dubis i Borysewicz (5), Kwiatkowski i in. (8) oraz Stankowski i in. (20). Z badań Cacak-Pietrzak i in. (3) wynika jednak, że odmiany pszenicy ozimej nie wykazywały dużego zróżnicowania pod względem zawartości białka w ziarnie, natomiast ilość glutenu wyraźnie zależała od odmiany. Uzyskane wyniki badań własnych wskazują na zależności odwrotne. Prawdopodobną tego przyczyną było przyjęcie do badań porównawczych zupełnie innego zestawu odmian tego gatunku.

Oddziaływanie następstwa roślin, a co się z tym bezpośrednio wiąże, kwestia porażenia roślin przez chorobotwórcze grzyby, szczególnie w warunkach dużego udziału zbóż w strukturze zasiewów, ma również duży wpływ na pozyskiwanie ziarna o odpowiedniej jakości oraz masie. Uwidocznili to prezentowane wyniki badań własnych, szczególnie w odniesieniu do średnich plonów ziarna, elementów jego struktury (obsady pędów produkcyjnych, masy tysiąca ziaren) oraz takich cech jakościowych, jak: zawartość białka w ziarnie, ciężar hektolitra i dorodność ziarna

wyrażona masą tysiąca ziarniaków. Wyraźnie mniejsze wartości wymienionych cech ilościowych i jakościowych ziarna ocenianych odmian pszenicy ozimej zanotowano w złym stanowisku (po życie) w porównaniu z wartościami uzyskanymi po przedplonach dobrych, tj. ziemniaku i owsie. Dość zbieżne w tym względzie wyniki uzyskano we wcześniejszych badaniach własnych (16) oraz w badaniach przeprowadzonych przez innych autorów (1, 9). Należy jednak zaznaczyć, że literatura dotycząca omawianego problemu jest stosunkowo skromna. Częściej spotykane są prace omawiające zależność cech jakościowych ziarna i mąki pszenicy ozimej od poziomu nawożenia azotem, podziału dawek oraz terminów ich stosowania. Zdecydowanie rzadziej natomiast prezentowane są takie wyniki w zależności od następstwa roślin, udziału zbóż w zasiewach oraz występowania chorób, w tym chorób podstawy źdźbła.

Wyniki badań własnych wskazują, że odmianami o wyższej jakości (większe wartości takich cech jakościowych ziarna, jak: zawartość białka, ciężar hektolitra, masa tysiąca ziaren) okazały się obydwie odmiany z grupy pszenic jakościowych (A) Rywalka i Turnia oraz jedna z grupy pszenic chlebowych (B) Tonacja. Pozostałe odmiany, tj. jedyna odmiana z grupy pszenic paszowych (C) Symfonia oraz jedna z grupy odmian chlebowych (B) Nutka wykazywały istotnie mniejsze wartości porównywanych cech. W związku z powyższym można uznać je za odmiany o gorszej jakości. Dość zbieżne wyniki dotyczące oceny jakości ziarna odmian pszenicy ozimej przynależnych do różnych grup wartości technologicznej uzyskali również w swoich badaniach Stankowski i in. (20).

WNIOSKI

1. Udowodniono istotny wpływ stanowiska na wydajność pszenicy ozimej oraz wyraźne różnice odmianowe w reakcji tego gatunku na niekorzystny przedplon (uprawa zbóż po sobie).

2. Podstawową przyczyną spadku plonu pszenicy ozimej wysiewanej w złych stanowiskach (po przedplonach kłosowych) jest wzmożone występowanie chorób podstawy źdźbła, w tym głównie zgorzeli podstawy źdźbła wywołanej obecnością grzyba *Gaeumannomyces graminis*.

3. Istotnie wyższe plony ziarna niektórych odmian pszenicy ozimej (Tonacja, Rywalka, Turnia) uprawianych w stanowisku po zbożach wynikają prawdopodobnie z mniejszej ich wrażliwości na porażenie przez patogeny podstawy źdźbła.

4. Jakość ziarna odmian pszenicy ozimej wyrażona masą tysiąca ziaren, ciężarem hektolitra oraz zawartością białka była istotnie gorsza w stanowisku po zbożach, natomiast ilość glutenu nie zależała w istotny sposób od następstwa roślin.

5. W uproszczonych płodozmianach zbożowych można uzyskać stosunkowo duże plony ziarna, jednak w każdym przypadku mniejsze niż w poprawnym wielostronnym płodozmianie, a uzyskane w takich warunkach ziarno jest często gorszej jakości.

LITERATURA

1. Bleharczyk A., Pudełko J., Śpitalniak J.: Reakcja pszenicy ozimej na sposoby uprawy roli w zależności od przedplonu i nawożenia azotowego. *Fol. Univ. Agric. Stetin.*, 1999, *Agricultura*, **74**: 163-170.
2. Bojarczuk J., Bojarczuk M.: Współdziałanie odmian pszenicy ze szczepami grzyba *Cercospora herpotrichoides* Fron. *Hod. Rośl. Aklim. Nas.*, 1974, **18(5)**: 313-325.
3. Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T.: Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy ozimej w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotowego. *Pam. Puł.*, 1999, **118**: 45-56.
4. Budzyński W., Bielski S.: Wpływ nawożenia azotem na plonowanie pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 2008, **1**: 27-38.
5. Dubis B., Borysewicz J.: Wpływ nawożenia azotem na plon i technologiczną jakość wybranych odmian pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 2008, **1**: 110-120.
6. Garwacka A., Starczewski J., Czarnocki S.: Technologia uprawy a jakość ziarna wybranych odmian pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 2007, **2**: 88-95.
7. Korbas M., Ławecki T., Kubiak K., Różalski K.: Porażenie korzeni pszenicy przez *Gaeumannomyces graminis* w zachodniej Polsce. *Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 2000, **40(1)**: 201-205.
8. Kwiatkowski C., Wesołowski M., Harasim E., Kubecki J.: Plon i jakość ziarna odmian pszenicy ozimej w zależności od poziomu agrotechniki. *Pam. Puł.*, 2006, **142**: 277-286.
9. Mazurkiewicz J., Bojarczyk M.: Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na jakość technologiczną odmian pszenicy ozimej uprawianych w monokulturze. *Ann. UMCS, Sec. E*, **59(2)**: 1621-1629.
10. Nowak W., Zbroszczyk T., Kotowicz L.: Wpływ intensywności uprawy na niektóre cechy jakościowe ziarna odmian pszenicy ozimej. *Pam. Puł.*, 2004, **135**: 199-212.
11. Parylak D., Kordas L.: Wpływ czynników agrotechnicznych na porażenie pszenicy ozimej przez zgorzel podstawy źdźbła (*Gaeumannomyces graminis*). *Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 2001, **41(2)**: 762-765.
12. Podolska G., Stankowski S., Dworakowski T.: Wpływ dawki nawożenia azotem na wielkość plonu i wartość technologiczną ziarna odmian pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.*, 2007, **2**: 274-282.
13. Podolska C., Stypuła G.: Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej w zależności od sposobu ochrony przed chorobami i chwastami. *Pam. Puł.*, 2002, **130/II**: 587-596.
14. Podolska G., Sułek A.: Główne elementy technologii produkcji decydujące o wysokiej jakości ziarna pszenicy. *Pam. Puł.*, 2002, **130/II**: 597-605.
15. Smagacz J.: Plonowanie i porażenie przez patogeny podstawy źdźbła pszenicy ozimej w różnych zmianowaniach. *Pam. Puł.* 1999, **118**: 397- 404.
16. Smagacz J.: Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na przedplon. *Biul. IHAR*, 2004, **231**: 65-71.
17. Smagacz J.: Skuteczność wybranych zapraw nasiennych w ochronie pszenicy ozimej przed zgorzelą podstawy źdźbła *Gaeumannomyces graminis* w warunkach wieloletniej monokultury zbożowej. *Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 2007, **47(2)**: 323-329.
18. Smagacz J., Martyniuk S.: Porażenie podstawy źdźbła i korzeni pszenicy ozimej po różnych przedplonach przez patogeny ze szczególnym uwzględnieniem *Gaeumannomyces graminis*. *Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 2001, **41(2)**: 745-748.
19. Stankowski S., Podolska G., Pacewicz K.: Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i jakość ziarna odmian pszenicy ozimej. *Ann. UMCS, Sec. E*, 59, **3**: 1363-1369.
20. Stankowski S., Smagacz J., Hury G., Ułasik S.: Wpływ intensywności nawożenia azotem na jakość ziarna i maki odmian pszenicy ozimej. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 2008, **7(3)**: 105-114.

GRAIN YIELD AND QUALITY OF WINTER WHEAT CULTIVARS DEPENDING ON CROP ROTATION AND OCCURRENCE OF STEM BASE DISEASES

Summary

The study was conducted on the basis an experiment of permanent crop rotation started in autumn 1969 in IUNG RZD-PIB Grabow (Zvolen district, province Mazovia) on the soil of a very good rye complex. The first factor of this experiment was the locality of the rotation: a) after the potatoes b) after oats c) after rye. The second factor were varieties of winter wheat: Tonacja, Rywalka, Turnia, Nutka Symfonia. The experiment was conducted in 2005–2008 and the aim of this research was to determine the influence of varieties and different crop rotation on grain yield and yield quality.

Every year in milk maturity phase the grain yield, weight of 1000 grains, test weight, protein content and gluten were determined. It was found a significant effect of the crop rotation and varieties on grain yield of winter wheat was determined. The differences between cultivars in response to negative forecrop (after the cereal crop) were found. It was also found that the primary cause of decline in yield of winter wheat sown in bad positions (after ear forecrops) is the increased occurrence of disease stalks, mainly by the fungus *Gaeumannomyces graminis*. Significantly higher grain yields of some varieties of winter wheat (Tonacja, Rywalka, Turnia) grown in post-cereals positions are characterized by the lowest sensitivity to shock diseases. The studies also concluded that the grain quality of winter wheat varieties: weight of 1000 grains, test weight and protein content were significantly lower in the cereals crop rotation, and the gluten content does not depend on crop rotation.

Praca wpłynęła do Redakcji 27 X 2009 r.

¹RADOSŁAW SPYCHAJ, ¹ZYGMUNT GIL, ²BARBARA CHRZANOWSKA-DROŹDŹ

¹Zakład Technologii Zbóż, ²Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

WPLYW NAWOŻENIA AZOTEM ORAZ GĘSTOŚCI SIEWU
NA JAKOŚĆ ZIARNA I MĄKI Z OZIMEJ PSZENICY TWARDEJ (*TRITICUM
DURUM*) ODMIANY KOMNATA

Influence of nitrogen fertilization and sowing density on the grain and flour quality
from winter durum wheat Komnata

ABSTRAKT: Celem pracy było określenie wpływu warunków uprawy ozimej pszenicy twardej odmiany Komnata na cechy jakościowe ziarna i mąki.

W sezonach wegetacyjnych 2005/2006, 2006/2007 oraz 2007/2008 założono dwa oddzielne doświadczenia. W doświadczeniu I zastosowano zróżnicowane nawożenie azotem (0, 60, 90 oraz 120 kg N·ha⁻¹), a w doświadczeniu II różną gęstość siewu (400, 500, 600 oraz 700 ziarn·m⁻²). Stwierdzono znaczną zmienność cech jakościowych i przemiałowych otrzymanego ziarna pod wpływem warunków pogodowych. Wpływ nawożenia azotowego oraz gęstości siewu był mniejszy. Otrzymana w przemiale mąka charakteryzowała się niską zawartością białka ogółem oraz małą wydajnością glutenu mokrego o rozpywalności 3,5–8,3 mm. Stopień uszkodzenia gałeczek skrobiowych był wysoki. Zawartość barwników karotenoidowych w mące należy uznać za wysoką.

Spośród zastosowanych dawek azotu najkorzystniej na właściwości przemiałowe oraz jakość ziarna i mąki oddziaływało nawożenie w ilości 90 i 120 kg N·ha⁻¹. Wpływ gęstości siewu na cechy ziarna i mąki był niewielki.

słowa kluczowe – key words:

pszenica twarda – *durum wheat*, jakość ziarna – *grain quality*, nawożenia azotowe – *nitrogen fertilization*, gęstość siewu – *sowing density*

WSTĘP

Za podstawowy surowiec do produkcji wyrobów makaronowych uznaje się semolinę uzyskiwaną w wyniku przemiału tetraploidalnej pszenicy twardej. Cechuje się ona należyłą ilością białka, barwników karotenoidowych, a gluten z niej otrzymany ma właściwości umożliwiające wyrobom zachowanie kształtu nadanego w procesie tłoczenia (19). W latach 1993–2002 plon pszenicy twardej stanowił 60,0–

86,1% plonu pszenicy zwyczajnej. Ziarno *Triticum durum* było droższe od ziarna *Triticum aestivum* o 27–72% (21).

Warunki uprawy *Triticum aestivum* są kształtowane m.in. przez: kompleks glebowy, rozkład opadów i temperatur podczas wegetacji, poziom nawożenia mineralnego, zmianowanie oraz termin i ilość wysiewu (26, 30, 35, 36).

Wymagania glebowo-klimatyczne pszenicy twardej oraz mniejszy potencjał plonowania sprawiają, że stanowi ona tylko 8–10% ogólnych upraw pszenicy na świecie. Najkorzystniejsze dla uprawy tego gatunku pszenicy są gleby alkaliczne, bogate w azot oraz niski poziom opadów. Duża ilość opadów powoduje jej wyleganie oraz sprzyja rozwojowi chorób wywołanych przez grzyby, co ostatecznie prowadzi do uzyskania niższego plonu o gorszych właściwościach technologicznych ziarna (3).

Wzrost spożycia makaronu przyczynił się do zwiększonego zapotrzebowania na ziarno pszenicy twardej o parametrach pozwalających na uzyskanie semoliny o wysokiej jakości (4, 14, 19). W Polsce prace nad odmianami *Triticum durum* prowadzone były już w okresie międzywojennym, a kontynuowane były przez Mazurka i Ruszkowskiego (17), którzy określili najodpowiedniejsze rejony uprawy jarych form tego zboża. Autorzy ci doszli do wniosku, że szansą na plonowanie pszenicy twardej na poziomie pszenicy zwyczajnej jest uzyskanie form ozimych.

Wznowione w ostatnich latach prace hodowlane ukierunkowane były głównie na formę jarą. Uzyskane w ich efekcie linie i rody charakteryzują się niską produktywnością i zmienną jakością otrzymywanego ziarna (23, 25, 26, 30, 35). Rachoń i in. (23) wykazali, że odpowiednie nawożenie azotowe oraz stosowanie chemicznej ochrony roślin poprawiają produktywność pszenicy twardej, jednak jej plon stanowił nadal tylko 75,2% plonu pszenicy zwyczajnej. Badania Ceglińskiej i in. (6) sugerują celowość prowadzenia prac hodowlanych w kierunku poprawy cech technologicznych ziarna.

Uprawa importowanych z Europy Południowej jarych odmian pszenicy twardej w klimacie umiarkowanym jest wysoce ryzykowna (3). Badania Sulewskiej i in. (30) wykazały, że ich jakość jest niższa od oczekiwanej.

Efektem prowadzonych w HR Smolice sp. z o.o. prac hodowlanych nad ozimą formą *Triticum durum* jest uzyskanie pierwszej ozimej odmiany Komnata. Charakteryzuje się ona plonem na poziomie 4–6 t·ha⁻¹, dobrą zimotrwałością oraz cechami jakościowymi umożliwiającymi wykorzystanie jej w produkcji wyrobów makaronowych (2, 3).

Ze względu na małą ilość informacji o wpływie warunków uprawy na jakość uzyskiwanego ziarna tej odmiany konieczne jest dalsze prowadzenie badań. Celem pracy było określenie oddziaływania zróżnicowanego nawożenia azotowego i gęstości siewu na jakość ziarna i mąki ozimej pszenicy twardej odmiany Komnata.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło ziarno ozimej pszenicy twardej odmiany Komnata uzyskane w doświadczeniu polowym prowadzonym w sezonach wegetacyjnych 2005/2006, 2006/2007 i 2007/2008 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Pawłowicach należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

W ramach badań założono 2 doświadczenia polowe, w których niezależnie zastosowano zróżnicowane nawożenie azotowe (doświadczenie I) oraz różne gęstości siewu ziarna (doświadczenie II).

W doświadczeniu I powierzchnia poletek wynosiła 16,5 m², pszenicę wysiewano w ilości 500 ziaren·m⁻². Stosowano następujące poziomy nawożenia azotem: a) obiekt kontrolny – bez nawożenia, b) 60 kg N·ha⁻¹ (w stadium BBCH 30), c) 90 kg N·ha⁻¹ (60 kg w BBCH 30 + 30 kg w BBCH 32), d) 120 kg N·ha⁻¹ (60 kg w BBCH 30 + 30 kg w BBCH 32 + 30 kg w BBCH 51).

W doświadczeniu II poletka doświadczalne (16,5 m²) obsiano pszenicą w ilości 400, 500, 600 i 700 ziarn·m⁻². Stosowano nawożenie azotem w ilości 90 kg·ha⁻¹ (60 kg w stadium BBCH 30 + 30 kg w BBCH 32).

W obu doświadczeniach stosowano nawożenie azotem w formie 34% saletry amonowej. Obiekty chroniono przed zachwaszczeniem stosując jesienią w stadium 17 BBCH Cougar 600 SC (izoproturon, diflufenikan). Uprawę roli przeprowadzono w sposób typowy, przewidziany dla zbóż ozimych. Ochrona roślin przed chorobami polegała na zaprawianiu ziarna oraz stosowaniu w fazie BBCH 32 1x mieszaniny fungicydów Alert 375 SC (flusilazol, karbendazyd) + Talius 200 EC (proquinazyd).

Uzyskane ziarno oceniono na podstawie szklistości pozornej, gęstości ziarna w stanie zsylnym, masy tysiąca ziarn, celności i wyrównania (12) oraz twardości (wskaźnik PSI-95 μm) (9). Właściwości przemiałowe określono za pomocą młyna Quadrumat Senior, wyznaczając wydajności mąk pasażowych i mąki ogółem oraz wydajność i wymielność kaszek. Oznaczono również liczbę pstrocin w mące (19). Określono zawartość białka ogółem w ziarnie i mące (28).

W mące oznaczono wydajność glutenu mokrego oraz jego rozplywalność (28), zawartość i stopień uszkodzenia skrobi (1, 12) oraz aktywność α-amylazy (28). Ponadto określono wartość wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego (28) oraz zawartość barwników karotenoidowych (1).

Wyniki opracowano statystycznie. Dla każdego doświadczenia wykonano dwuczynnikową analizę wariancji (rok uprawy, poziom nawożenia azotowego lub gęstość siewu). Istotność różnic między średnimi określono na podstawie testu Dunca na przy α = 0,05.

WYNIKI

Warunki pogodowe w czasie wzrostu roślin we wszystkich trzech sezonach były zróżnicowane zarówno pod względem wielkości opadów, jak i temperatury (tab. 1). Najmniej opadów odnotowano w pierwszym sezonie (535,0 mm). Suma opadów w pozostałych sezonach wegetacyjnych wynosiła 606 mm (2006/2007) oraz 554,1 mm (2008/2009) i była w każdym sezonie wyższa od średniej wieloletniej z lat 1976–2005 (523,8 mm). Odnotowano zróżnicowany rozkład ilości opadów w poszczególnych miesiącach sezonów wegetacyjnych. W październiku, listopadzie, styczniu, marcu, maju oraz lipcu sezonu 2005/2006 stwierdzono znacznie mniejsze sumy opadów w porównaniu ze średnimi wieloletnimi dla tych miesięcy. W sezonie 2006/2007 najniższą sumę opadów zanotowano w kwietniu, kiedy spadło zaledwie 2,7 mm deszczu. W pozostałych miesiącach tego sezonu suma opadów wynosiła od 17,6 mm we wrześniu do 92,4 mm w lipcu.

W sezonie 2007/2008 w miesiącach jesienno-zimowych (w październiku, grudniu i lutym) było mniej opadów niż w wieloleciu. W kwietniu zanotowano dwukrotnie więcej opadów, a w pozostałych miesiącach wegetacji – w fazie kłoszenia i kwitnienia pszenicy, wystąpiły ich niedobory. Duże opady w lipcu, w fazie dojrzewania pszenicy, przyczyniły się do opóźnienia zbioru.

Najniższą średnią temperaturę odnotowano w trzecim roku badań (sezon 2007/2008) 9,7°C, a najwyższą w drugim (sezon 2006/2007) 11,4°C. Jesienią w sezonie wegetacyjnym 2005/2006 temperatura była wyższa niż w tym samym okresie sezonu 2006/2007 i 2007/2008. Styczeń, luty oraz marzec w sezonie wegetacyjnym 2005/2006 charakteryzowały się najniższą temperaturą, która wynosiła -5,9, -1,9 oraz 0,6°C. W pozostałych miesiącach średnia temperatura przekraczała średnią wieloletnią. W drugim sezonie wegetacji odnotowano wyższą temperaturę dla miesięcy IX–VIII w porównaniu ze średnią wieloletnią. W trzecim sezonie, 2007/2008, stwierdzono wyższą temperaturę w miesiącach od grudnia do sierpnia w stosunku do temperatury wieloletniej w tym okresie. We wrześniu, październiku i listopadzie odnotowana temperatura była niższa od średniej z wielolecia.

Jakość ziarna pszenicy odmiany Komnata w największym stopniu determinowana była przez zmienne warunki pogodowe występujące podczas wegetacji (tab. 2). W obu doświadczeniach ziarno o największej szklistości (82% i 87%) uzyskano w pierwszym roku badań. Szklistość ziarna z pozostałych sezonów była mniejsza i kształtowała się w zakresie 49–64%. Największą gęstością w stanie zsypanym cechowało się ziarno z obu doświadczeń z sezonu 2007/2008 (81,5 oraz 82,6 kg·hl⁻¹). Najmniejszą wartość tej cechy, 79,5 kg·hl⁻¹ dla doświadczenia I oraz 79,6 kg·hl⁻¹ dla doświadczenia II, stwierdzono w sezonie drugim (2006/2007). Ziarno cechowało się masą 1000 ziarn wynoszącą powyżej 61 g. Największe wartości MTZ odnotowano w doświadczeniu I w pierwszym i trzecim sezonie badań – 65,3 g (tab. 2). Natomiast w doświadczeniu II nie stwierdzono istotnego wpływu sezonu wegetacyjnego na masę tysiąca ziarn.

Przebieg warunków pogodowych podczas uprawy pszenicy twardziej Komnata w latach 2005–2008
Weather conditions during vegetation of durum wheat Komnata in 2005–2008[illegible]

W miarę wzrostu nawożenia azotowego obserwowano sukcesywne zwiększenie szklistości ziarna. Przy ilości $120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ uzyskano wzrost szklistości ziarna o 22 p.p. w porównaniu z próbką kontrolną (tab. 2). Zwiększenie wysiewu nasion obniżyło udział ziaren szklistych z 76% ($400 \text{ ziarn} \cdot \text{m}^{-2}$) do 70–72% (od 500 do $700 \text{ ziarn} \cdot \text{m}^{-2}$). Ziarno ze wszystkich obiektów z nawożeniem azotem miało większą gęstość w stanie zsypanym – $80,8\text{--}81,0 \text{ kg} \cdot \text{hl}^{-1}$ – niż próbka kontrolna. Przy siewie $500 \text{ ziarn} \cdot \text{m}^{-2}$ ziarno pszenicy durum miało najmniejszą gęstość w stanie zsypanym ($80,5 \text{ kg} \cdot \text{hl}^{-1}$).

Nie stwierdzono wpływu nawożenia azotowego na masę 1000 ziarn (tab. 2). Wartość tej cechy dla zróżnicowanych ilości azotu była podobna i zawierała się w granicach 63,3–64,0 g. Przy gęstości siewu wynoszącej 400 i $700 \text{ ziarn} \cdot \text{m}^{-2}$ masa 1000 ziarn była największa i wynosiła odpowiednio 65,8 oraz 66,5 g. Najmniejszą masą 1000 ziarn odznaczały się próbki pochodzące z obsady $500 \text{ ziarn} \cdot \text{m}^{-2}$.

Warunki pogodowe w pierwszym sezonie wegetacyjnym (2005/2006) spowodowały uzyskanie ziarna o największej twardości (niskie wartości PSI) odpowiednio 18,1% w doświadczeniu I oraz 16,8% w doświadczeniu II (tab. 2). Najmniej twarde ziarno otrzymano w wyniku uprawy bez nawożenia azotowego (22,2%), a zastosowanie nawożenia w ilości $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ spowodowało uzyskanie ziarna o PSI 19,0%. Wysiew $600 \text{ ziaren} \cdot \text{m}^{-2}$ skutkował otrzymaniem pszenicy o mniejszej twardości (20,2%) w porównaniu z wysiewem 400, 500 i $700 \text{ ziaren} \cdot \text{m}^{-2}$.

Badane ziarno cechowała wysoka celność i wyrównanie w zakresie 92–99% (tab. 2). Najwyższe wartości omawianych cech stwierdzono w drugim roku badań (sezon 2006/2007) zarówno w doświadczeniu z różną dawką azotu (99%), jak i ilością wysiewanych nasion (98%). Stosowanie nawożenia azotem w zakresie $0\text{--}120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ w niewielkim stopniu zróżnicowało materiał badawczy pod względem technologicznym. Ilość wysiewu w badanym zakresie nie miała wpływu na celność i wyrównanie ziarna.

Liczba pstrocin, jak i liczba opadania w największym stopniu były kształtowane przez warunki pogodowe (tab. 2). Liczba pstrocin w mące z pierwszego roku badań zawierała się w zakresie 23–26 szt. $\cdot \text{dm}^{-2}$, a w sezonie 2007/2008 wahała się od 48 do 50 szt. Żaden z czynników nie wpływał na liczbę pstrocin w otrzymanej mące. Oceniona w pracy mąka cechowała się liczbą opadania przekraczającą 332 s. Najmniejszą aktywność α -amylazy odnotowano w pierwszym roku badań (402 s dla doświadczenia I oraz 408 s dla doświadczenia II). Zastosowanie nawożenia azotem, w zakresie $60\text{--}120 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, spowodowało wzrost liczby opadania z 340 s do 370–378 s.

Pszenicę twardą oceniono również na podstawie jej właściwości przemiałowych uwzględniając oprócz wydajności mąk pasażowych i ogółem również wydajność i wymielność kaszek (tab. 3). Stwierdzono znaczną zmienność badanych cech przemiałowych we wszystkich latach prowadzenia doświadczenia.

W sezonie wegetacyjnym 2005/2006 uzyskano niską wydajność mąki śrutowej – 11,4% (doświadczenie I) i 10,1% (doświadczenie II), oraz małą wydajność mąki

Tabela 2

Cechy jakościowe ziarna i mąki z pszenicy twardej Komnata
Quality features of grain and flour from durum wheat Komnata

Czynniki Factors	Szklistość ziarna Vitreosity of grain (%)	Gęstość w stanie zsypanym Test weight (kg·hl ⁻¹)	Masa 1000 ziarn Weight of 1000 kernels (g)	Indeks granulacji PSI Particle size index (%)	Celność i wyrównanie ziarna Filling and uniformity of grain (%)	Liczba pstrocin (szt.·dm ⁻²) Number of speck per dm ²	Liczba opadania Falling number (s)
2005/2006	82 a	80,4 b	65,3 a	18,1 c	93 c	26 b	402 a
2006/2007	49 c	79,5 c	61,7 b	20,7 b	99 a	26 b	332 c
2007/2008	64 b	81,5 a	65,3 a	21,9 a	94 b	50 a	365 b
*Doświadczenie I I Experiment (kg N·ha ⁻¹)	53 d	79,8 b	63,3 a	22,2 a	95 b	33 a	340 b
60	67 c	80,8 a	64,0 a	19,8 b	95 b	34 a	378 a
90	72 b	80,8 a	63,5 a	19,0 c	95 b	34 a	370 a
120	75 a	81,0 a	63,5 a	19,8 b	96 a	35 a	376 a
2005/2006	87 a	80,5 b	65,2 a	16,8 c	92 c	23 c	408 a
2006/2007	63 b	79,6 c	63,5 a	20,5 a	98 a	43 b	361 c
2007/2008	60 c	82,6 a	64,1 a	19,2 b	95 b	48 a	373 b
**Doświadczenie II II Experiment (ziarno·m ⁻²)	76 a	81,2 a	65,8 a	18,2 b	95 a	39 a	343 b
400	72 b	80,5 b	61,0 c	18,3 b	94 a	40 a	384 ab
500	71 b	81,3 a	63,7 b	20,2 a	95 a	40 a	377 b
600	70 b	81,4 a	66,5 a	18,0 b	95 a	34 a	387 a
700							

* Doświadczenie I – nawożenie azotem; I Experiment – nitrogen fertilization

** Doświadczenie II – gęstość siewu; II Experiment – density of sowing

Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,05$); Values signed with the same letters are not significantly differentiated ($\alpha = 0,05$)

Tabela 3

Cechy przemiałowe ziarna pszenicy twardej Komnata
Milling properties of durum wheat Komnata

Czynniki Factors		Wydajność mąki Flour extraction (%)			Wydajność kaszek Middlings extraction (%)	Wymielność kaszek Middlings reduction (%)
		śrutowej breaking	wymiałowej reduction	ogółem total		
*Doświadczenie I I Experiment (kg N·ha ⁻¹)	2005/2006	11,4 c	48,8 a	60,1 c	56,6 a	86,1 c
	2006/2007	18,0 b	47,5 a	66,3 b	53,4 b	88,6 b
	2007/2008	19,9 a	48,2 a	68,1 a	52,9 b	91,1 a
	0	18,1 a	46,8 b	64,9 a	52,7 b	89,0 a
	60	16,7 b	48,5 a	65,2 a	54,7 a	88,5 a
	90	15,3 c	48,4 a	63,7 a	54,7 a	88,8 a
	120	15,6 c	48,9 a	64,2 a	55,3 a	88,1 a
**Doświadczenie II II Experiment (ziarno·m ⁻²) (grain m ⁻²)	2005/2006	10,1 c	48,8 a	58,9 c	56,6 a	86,5 c
	2006/2007	16,3 b	47,1 b	63,3 b	53,9 b	87,6 b
	2007/2008	18,1 a	49,0 a	67,2 a	53,3 b	92,0 a
	400	13,8 a	49,2 a	63,0 a	55,4 a	89,0 a
	500	15,0 a	47,7 a	62,7 a	53,9 a	88,8 a
	600	15,1 a	48,2 a	63,1 a	54,4 a	88,8 a
	700	15,6 a	48,1 a	63,6 a	54,7 a	88,2 a

*, ** patrz tab. 2; see Table 2

Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,05$); Values signed with the same letters are not significantly differentiated ($\alpha = 0.05$)

ogółem (odpowiednio 60,1, 58,9%). W następnych latach badań wydajność mąki śrutowej była większa o 6,6–8,5 p.p. (doświadczenie I) oraz o 6,2–8,0 p.p. (doświadczenie II). W podobnym zakresie zwiększyła się ilość mąki ogółem (tab. 3). W sezonie wegetacyjnym 2005/2006 wydajność kaszek była największa i wynosiła 56,6% w obu doświadczeniach, a ich wymielność najmniejsza – 86,1% (doświadczenie I) i 86,5% doświadczenie II. Aplikowanie wyższych dawek azotu spowodowało uzyskanie mniejszych ilości mąki śrutowej. Zmniejszenie dawki N powodowało wzrost ilości mąki śrutowej do 16,7% (60 kg N·ha⁻¹) oraz 18,1% (bez nawożenia).

Po zastosowaniu azotu w ilości 60–120 kg·ha⁻¹, uzyskano większą wydajność mąki wymiałowej i kaszek w porównaniu z uprawą bez nawożenia azotowego. Parametry te nie zależały od dawki N. Gęstość siewu pszenicy nie miała wpływu na właściwości przemiałowe ziarna.

Zawartość białka w ziarnie z pierwszego roku badań była najwyższa i wynosiła w doświadczeniu I 13,2%, a w doświadczeniu II 13,5% (tab. 4). W pozostałych latach ilość białka w ziarnie zawierała się w zakresie 10,5–10,6% w doświadczeniu z nawożeniem azotowym oraz 10,6–11,5% w doświadczeniu z gęstością siewu. Stwierdzono sukcesywny wzrost wartości omawianego wyróżnika wraz ze wzrostem intensywności nawożenia azotowego z 10,9% dla próby kontrolnej do 12,2%

Tabela 4

Cechy jakościowe mąki z pszenicy twardej Komnata
Quality features of flour from durum wheat Komnata

Czynniki Factors	Białko ogólne w ziarnie Total protein in grain (%)	Białko ogólne w mące Total protein in flour (%)	Gluten mokry Wet gluten (%)	Rozpyłalność glutenu Flowingness of gluten (mm)	Wskaźnik sedymentacji Zeleny'ego Sedimentation test (cm ³)	Skrobia Starch (%)	Uszkodzenie skrobi Starch damage (%)	Barwniki karotenoidowe Carotenoids pigment (mg%)
2005/2006	13,2 a	11,3 a	30,6 a	8,3 a	18,1 a	68,8 b	16,42 a	0,278 c
2006/2007	10,6 b	8,5 c	24,3 b	6,0 b	15,5 b	76,0 a	12,83 c	0,358 a
2007/2008	10,5 b	9,2 b	21,8 c	3,5 c	16,1 c	76,2 a	14,15 b	0,348 b
*Doświadczenie I I Experiment (kg N·ha ⁻¹)	0	10,9 d	23,8 c	5,3 bc	14,3 c	74,4 a	13,61 b	0,331 a
60	11,1 c	9,2 c	25,0 b	6,3 ab	16,3 b	74,2 a	14,56 a	0,339 a
90	11,8 b	10, b	27,0 a	7,1 a	17,8 a	73,2 b	14,83 a	0,343 a
120	12,2 a	10,4 a	26,6 a	5,0 c	17,8 a	72,8 b	14,69 a	0,348 a
2005/2006	13,5 a	11,7 a	32,7 a	8 a	19,4 a	73,6 b	18,55 a	0,267 c
2006/2007	11,5 b	9,6 b	24,9 b	7,5 a	17,5 b	75,8 a	13,21 c	0,356 b
2007/2008	10,6 c	9,3 c	22,5 c	4,3 b	18,1 b	75,9 a	14,47 b	0,399 a
**Doświadczenie II II Experiment (ziarno·m ⁻²)	400	12,1 a	27,0 a	6,4 a	18,5 a	74,6 c	14,98 a	0,336 a
500	11,6 c	10,0 d	26,7 a	6,4 a	18,2 a	75,6 a	14,82 a	0,346 a
600	12,0 ab	10,2 b	26,5 a	6,6 a	18,2 a	75,0 bc	14,85 a	0,345 a
700	11,8 bc	10,1 c	26,7 a	7,1 a	18,5 a	75,2 ab	14,50 a	0,338 a

*. ** patrz tab. 2; see Table 2

Wartości oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,05$); Values signed with the same letters are not significantly differentiated ($\alpha = 0,05$)

przy 120 kg N·ha⁻¹. Zmiana gęstości siewu modyfikowała zawartości białka w ziarnie w zakresie od 12,1% (400 ziarn·m⁻²) do 11,6% (500 ziarn·m⁻²).

Podobnie jak ziarno, również mąka z pierwszego roku badań w obu doświadczeniach (sezon 2005/2006) wyróżniała się na tle mąki z pozostałych lat badań (tab. 4). Cechowała ją wyższa zawartość białka ogółem, wydajność glutenu mokrego, jednak o większej rozplywalności, a także wyższa wartość wskaźnika sedymentacyjnego.

Wraz ze wzrostem nawożenia azotem sukcesywnie zwiększała się ilość białka w mące z 8,9% (0 kg N·ha⁻¹) do 10,4% (120 kg N·ha⁻¹). Zróżnicowanie materiału na skutek gęstości siewu było niewielkie i ilość białka zawierała się w przedziale 10,0–10,5% (tab. 4). Z ziarna pszenicy nawożonej 90 i 120 kg N·ha⁻¹ uzyskano mąkę o istotnie większej ilości glutenu mokrego (odpowiednio 27% oraz 26,6%) niż z ziarna z pozostałych poziomów nawożenia (23,8–25,0%). Wydajność i jakość glutenu mokrego oraz wartości wskaźnika sedymentacyjnego nie były determinowane przez ilość wysiewanego ziarna. Najwyższe wartości wskaźnika sedymentacyjnego (17,8 cm³) uzyskano przy dwóch najwyższych poziomach nawożenia azotem (tab. 4). Największą rozplywalność glutenu (7,1 mm) odnotowano przy zastosowaniu w uprawie 90 kg N·ha⁻¹.

Mąka z pierwszego roku badań zawierała w obu doświadczeniach najmniej skrobi (68,8% – doświadczenie I; 73,6% – doświadczenie II), ale stopień uszkodzenia mechanicznego jej gałeczek był największy (16,42% w I doświadczeniu i 18,55% w II doświadczeniu); (tab. 4). Ilość tego składnika w mące z dwóch najniższych poziomów nawożenia (0 oraz 60 kg N·ha⁻¹) była największa i wynosiła 74,4% oraz 74,2%. Dalszy wzrost ilości aplikowanego azotu spowodował zmniejszenie zawartości skrobi do 72,8% przy 120 kg N·ha⁻¹. Już w wyniku zastosowania 60 kg N·ha⁻¹ nastąpił wzrost stopnia uszkodzenia skrobi, który przy wyższych dawkach azotu nie uległ istotnej zmianie (tab. 4).

Istotnym elementem oceny surowca makaronowego jest ilość barwników karotenoidowych. Zawartość substancji barwnych w ocenianym materiale nie była determinowana zarówno przez nawożenie azotowe, jak i gęstość siewu (tab. 4). W obu doświadczeniach odnotowano istotne zróżnicowanie zawartości tej grupy związków na skutek odmiennych warunków pogodowych w poszczególnych sezonach uprawy. Mąka z pierwszego roku badań cechowała się najniższą ilością barwników karotenoidowych (0,278 mg% w doświadczeniu I oraz 0,267 mg% w doświadczeniu II), a ich poziom w następnych latach badań były istotnie wyższy i zawierał się w przedziale 0,348–0,399 mg%.

DYSKUSJA

Ocena ziarna pszenicy twardej przeznaczonej do wykorzystania w produkcji makaronu oparta jest na takich wyróżnikach jakościowych jak cechy fizyczne oraz ilość uzyskiwanej w przemiale semoliny. Semolina oceniana jest na podstawie granulacji oraz zawartości białka, substancji popielnych i barwników karotenoidowych (33).

W badaniach własnych stwierdzono istotny wpływ nawożenia azotem, ilości wysiewu oraz warunków pogodowych na cechy fizyczne ziarna. Szklistość ziarna odmiany Komnata zawierała się w zakresie 49–87%, przy czym najwyższe wartości odnotowano w warunkach pogodowych sezonu 2005/2006 lub przy zastosowaniu wysokich dawek azotu. Zróżnicowany przebieg pogody podczas prowadzenia doświadczeń wpłynął na cechy fizyczne ziarna również w pracach innych autorów. Według Makowskiej i in. (16) jare odmiany pszenicy twardej uprawiane w warunkach klimatu umiarkowanego charakteryzują się dużą zmiennością pod względem ilości ziaren szklistych (33–88%). Linie badane przez Rachonia (27) oraz Ciołek i Makarską (7) cechowała wyższa szklistość, na poziomie 82,9–94,2%. Ponadto w powyższych pracach obserwowano znaczny wzrost szklistości wraz ze wzrostem dawki azotu w uprawie. Szklistość oraz masa tysiąca ziarn odmian pszenicy twardych badanych przez Samaana i in. (29) mieściła się w zakresie odpowiednio 52,7–93,6% i 42,5–55,5 g. Sulewska i in. (30) obserwowali wzrost masy tysiąca ziarn już przy dawce 50 kg N·ha⁻¹. Autorzy ci wykazali brak wpływu gęstości siewu na masę tysiąca ziaren. O poprawie cech fizycznych ziarna na skutek intensyfikacji nawożenia azotowego informują również inni autorzy (18, 35).

Wysoka szklistość i twardość ziarna pszenicy informuje o dobrej jakości technologicznej produktów jej przemiału. Większa twardość ziarna *T. durum* niż ziarna *T. aestivum* stanowi podstawę otrzymania semoliny o właściwej granulacji, barwie i zawartości białka ogółem (8, 20, 33). Prezentowane badania wskazują na możliwość polepszenia omawianych wskaźników poprzez intensyfikację nawożenia azotowego. Ponadto konsekwencją wzrostu twardości ziarna jest wzrost wydajności kaszek. Uzyskane wartości wskaźnika PSI dla pszenicy twardych są mniejsze niż dla pszenicy zwyczajnych (9, 24). Różnica we właściwościach ziarna obu pszenicy warunkuje mniejszą wydajność mąki śrutowej z ziarna *Triticum durum* niż *T. aestivum*. Wymielność kaszek z obu gatunków pszenicy była porównywalna (5). Rachon i Kulpa (22) stwierdzili większą wydajność mąki ogółem z ziarna pszenicy zwyczajnej (57,6%) niż z ziarna pszenicy twardej (48,2%). W pracy własnej mąka pszenicy twardej odmiany Komnata charakteryzowała się liczbą pstrocin w zakresie 23–50 szt.·dm⁻², co świadczy o jej dużej czystości (19).

Kolejnym kryterium oceny surowców do produkcji makaronu jest zawartość białka ogółem oraz ilość i jakość kompleksu glutenowego (19). Ilość białka w ziarnie pszenicy zwyczajnej jest niższa niż w pszenicy twardej (10, 22, 24, 34). Semolina powinna zawierać nie mniej niż 13% białka (13, 19). W pracach niektórych autorów stwierdzono zależność ilości białka ogółem od warunków środowiskowych (29, 32). Przedstawione badania potwierdzają znaczny wpływ czynnika pogodowego na zawartość białka w ziarnie i mące ozimej pszenicy twardej. Uzyskane wartości tej cechy należy uznać za niskie (sezon 2005/2006) i bardzo niskie (sezon 2006/2007 i 2007/2008) zwłaszcza na tle wyników literaturowych (17, 26, 31, 32, 34).

Semolina na cele makaronowe powinna cechować się wydajnością glutenu mokrego na poziomie nie mniejszym niż 30%, o rozpywalności w zakresie 8–13 mm.

Mniejszy udział glutenu przyczynia się do uzyskania makaronu o niskiej wytrzymałości, rozpadającego się podczas obróbki termicznej (19). Wydajność glutenu mokrego mąki badanej w prezentowanej pracy nie przekraczała 32,7%, a jego rozpuszczalność wahała się od 3,5 mm do 8,3 mm.

Kompleks amylazowo-skrobiowy w procesie produkcji makaronu odpowiedzialny jest za wypełnienie szkieletu glutenowego oraz wygląd makaronu po obróbce termicznej. Wartość liczby opadania jest wyznacznikiem aktywności nie tylko α -amylazy, ale również informuje o ewentualnej niepożądanej barwie makaronu po wysuszeniu. Liczba opadania mniejsza niż 250 s świadczy o niskiej jakości ziarna zastosowanego do przemiału (19). Najlepszy surowiec do produkcji makaronu powinien charakteryzować się liczbą opadania na poziomie 350–450 s. Oceniany obecnie materiał spełniał wymagania stawiane surowcom do produkcji makaronu w zakresie liczby opadania. Stopień uszkodzenia gałeczek skrobiowych (12,83–18,55%) w badanych mąkach pszenicy twardej odmiany Komnata należy uznać za wysoki. Jak podaje Jurga (15) semolina charakteryzuje się stopniem uszkodzenia gałeczek na poziomie 2,8–4,8% i wzrasta on wraz ze stopniem jej rozdrobnienia. Badania Granta i in. (11) dowodzą, że wzrost uszkodzenia skrobi przyczynia się do większej wodochłonności surowca makaronowego, a ciasto z niego otrzymane staje się słabsze.

O barwie makaronu decyduje zawartość barwników karotenoidowych w semolinie oraz podatność ciasta na ciemnienie (19). Sulewska i in. (30) podają, że zawartość barwników karotenoidowych u jarych odmian *T. durum* kształtowała się w zakresie 2,25–3,00 ppm i pod wpływem nawożenia azotowego uległa obniżeniu. Jare odmiany pszenicy twardej uprawiane w warunkach polskich cechuje niska zawartość substancji barwnych (0,149–0,222 mg%), których ilość nie zależała od zastosowanego nawożenia azotowego (16). W obecnych badaniach zawartość barwników karotenoidowych w mące z pszenicy twardej odmiany Komnata wynosiła nawet 0,399 mg% i była zależna od warunków pogodowych, a nie różnicowało jej zastosowane nawożenie azotem i gęstość siewu.

WNIOSKI

1. Jakość ziarna pszenicy twardej odmiany Komnata w znacznym stopniu zależała od warunków pogodowych.
2. Spośród badanych czynników agrotechnicznych większy wpływ na wyróżniki jakościowe ziarna stwierdzono w przypadku nawożenia azotowego niż gęstości siewu.
3. Z punktu widzenia przydatności dla przemysłu makaronowego zastosowanie w uprawie pszenicy twardej odmiany Komnata najwyższych badanych dawek azotu (90 i 120 kg N·ha⁻¹) jest najkorzystniejsze.
4. Gęstość siewu w zakresie 400–700 ziarn·m⁻² nie różnicowała materiału badawczego po względem jakości ziarna i mąki.

LITERATURA

1. AACC Approved Methods, 10th Edition, 2000, No 14-50; 76-30; 80-60.
2. Bojarczuk J.: Pszenica durum na polskich polach. Farmer, 2006, **23**: 26-28.
3. Bojarczuk J.: A może pszenica twarda? Agroserwis, 2005, **6**: 4-5.
4. Borek M.: Polski rynek zbóż po akcesji do Unii Europejskiej – system interwencji. Prz. Zboż.-Młyn., 2001, **10**: 10-13.
5. Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Torba J.: Wartość przemysłowa wybranych odmian pszenicy z hodowli „Nasiona Kobierzyc”. Pam. Puł., 2005, **139**: 27-38.
6. Ceglińska A., Cacak-Pietrzak G., Romanowski H., Nita Z.: Wartość technologiczna polskiej pszenicy twardej (*Triticum durum*). Prz. Zboż.-Młyn., 2004, **8**: 4-7.
7. Ciołek A., Makarska E.: Ocena nowych linii pszenicy twardej na podstawie charakterystyki białek gliadynowych i gluteninowych w warunkach stosowania zróżnicowanego nawożenia azotem. Acta Sci. Pol. Technol. Aliment., 2004, **3(2)**: 147-155.
8. Dziki D., Laskowski J.: Wheat kernel physical properties and milling process. Acta Agrophys., 2005, **6(1)**: 59-71.
9. Gąsiorowski H., Kołodziejczyk P., Obuchowski W.: Twardość ziarna pszenicy. Prz. Zboż.-Młyn., 1999, **7**: 6-8.
10. Gąsiorowski H., Obuchowski W.: Pszenica makaronowa durum (*Triticum durum*). Post. Nauk Rol., 1978, **1**: 35-52.
11. Grant L.A., Dick J.W., Shelton D.R.: Effects of drying temperatures, starch damage, sprouting, and additives on spaghetti quality characteristics. Cereal Chem., 1993, **70(6)**: 676-684.
12. Jakubczyk T., Haber T.: Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Wyd. SGGW-AR-Warszawa, 1983.
13. Jurga R.: Pszenica i semolina durum najlepszymi surowcami do produkcji makaronu. Prz. Zboż.-Młyn., 2007, **5**: 34-36.
14. Jurga R.: Granulacja surowców makaronowych z pszenicy durum. Prz. Zboż.-Młyn., 2001, **8**: 11-12.
15. Jurga R.: Wpływ procesów technologicznych na kolor wyrobów makaronowych. Prz. Zboż.-Młyn., 1999, **10**: 38-39.
16. Makowska A., Obuchowski W., Sulewska H., Koziara W., Paschke H.: Effect of nitrogen fertilization of durum wheat varieties on some characteristics important for pasta production. Acta Sci. Pol. Technol. Aliment., 2008, **7(1)**: 29-39.
17. Mazurek J., Ruszkowski M.: Badania nad pszenicą twardą (*Triticum durum* Desf.). Pam. Puł., 1965, **19**: 99-121.
18. Obuchowski W., Makowska A., Łuczak M., Sulewska H.: Agrotechniczne i logistyczne aspekty uprawy pszenicy durum w Polsce. Przegl. Zboż.-Młyn., 2007, **10**: 33-34.
19. Obuchowski W.: Technologia przemysłowej produkcji makaronu. Wyd. AR Poznań, 1997.
20. Obuchowski W.: Twardość ziarna pszenicy: znaczenie technologiczne i czynniki oddziałujące na tę właściwość. Rocz. AR Poznań, Rozpr. nauk., 1985, **152**.
21. Rachoń L., Szumiło G.: Plonowanie a opłacalność uprawy pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). Pam. Puł., 2006, **142**: 403-409.
22. Rachoń L., Kulpa D.: Ocena przydatności ziarna pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) do produkcji pieczywa. Ann. UMCS, Sec. E, 2004, **59(2)**: 995-1000.
23. Rachoń L., Szwed-Urbaś K., Seigt Z.: Plonowanie nowych linii pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) w zależności od poziomu nawożenia azotem i ochrony roślin. Ann. UMCS, Sec. E, 2002, **57**: 71-76.
24. Rachoń L., Dziamba Sz., Obuchowski W., Kołodziejczyk P.: Ocena przydatności ziarna odmian pszenicy twardej (*Triticum durum*) i zwyczajnej (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*) do produkcji makaronu. Ann. UMCS, 2002, Sec. E, **57**: 77-86.
25. Rachoń L., Szumiło G.: Plonowanie i jakość niektórych polskich i zagranicznych odmian i linii pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). Pam. Puł., 2002, **130**: 619-624.

26. Rachon L.: Studia nad plonowaniem i jakością pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). Rozpr. nauk. Wyd. AR Lublin, 2001, **248**.
27. Rachon L.: Plonowanie i jakość pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) nawożonej różnymi dawkami azotu. Pam. Puł., 1999, **118**: 349-355.
28. Polskie Normy: PN-75/A-0418; PN-77/A-74041; PN-ISO 3093:1996; PN-ISO 5529:1998
29. Samaan J., El-Khayat G.H., Manthey F.A., Fuller M.F., Brennan Ch.S.: Durum wheat quality II. The relation ship of kernel physicochemical composition to semolina quality and end product utilization. Int. J. Food Sci. Tech., 2006, 41, Suplement **2**: 47-55.
30. Sulewska H., Koziara W., Bojarczuk J.: Kształtowanie plonu i jakość ziarna wybranych genotypów *Triticum durum* Desf. w zależności od nawożenia azotem i gęstości siewu. Biul. IHAR., 2007, **245**: 17-28.
31. Szwed-Urbaś K., Seigt Z., Grundas S.: Wstępna ocena pszenicy twardej w warunkach Lubelszczyzny. Biul. IHAR., 1995, **194**: 149-154.
32. Szwed-Urbaś K., Seigt Z., Mazurek H.: Parametry jakościowe krajowych linii pszenicy twardej. Biul. IHAR., 1997, **204**: 129-139.
33. Troccoli A., Borrelli G.M., De Vita P., Fares C., Di Fonzo N.: Durum wheat quality: a multidisciplinary concept. J. Cereal Sci., 2000, **32**: 99-113.
34. Weiser H.: Comparative of gluten proteins from different wheat species I. Qualitative and quantitative composition of gluten proteins types. Eur. Food Res. Technol., 2000, **211**: 262-268.
35. Woźniak A.: Plonowanie i jakość ziarna pszenicy jarej zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.) i twardej (*Triticum durum* Desf.) w zależności od poziomu agrotechniki. Acta. Agrophys., 2006, **8(3)**: 755-763.
36. Woźniak A.: Wpływ przedplonów na plon i jakość technologiczną ziarna pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). Ann. UMCS, 2005, Sec. E, **60**: 103-112.

INFLUENCE OF NITROGEN FERTILIZATION AND SOWING DENSITY ON THE GRAIN AND FLOUR QUALITY FROM WINTER DURUM WHEAT KOMNATA

Summary

The aim of this work was to determine influence of growing condition of winter durum wheat Komnata on the quality features of grain and flour.

The research included estimation of quality grain and flour winter durum wheat from three seasons (2005/2006, 2006/2007 and 2007/2008). In two separate experiments used as a factors nitrogen fertilization (0, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹) and sowing density (400, 500, 600 and 700 grain m⁻²). The studies showed a great influence of weather condition on grain quality and milling properties. The influence of nitrogen fertilization and sowing density was lower. The obtained flour was characterized by a low level of total protein and wet gluten, the flowingness of which was not more than 8,3 mm. A high level of starch damage was determined in flour. Carotenoids pigment content in flour from seasons 2006/2007 and 2007/2008 was higher than from season 2005/2006. The best grain and flour features were obtained from the cultivar with 90 and 120 kg N ha⁻¹.

Praca wpłynęła do Redakcji 27 X 2009 r.

ALICJA SUŁEK

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

WPLYW WARUNKÓW GLEBOWYCH NA PLONOWANIE I JAKOŚĆ ZIARNA PSZENICY JAREJ ODMIANY NAWRA

The influence of soil conditions on grain yield and grain quality of spring wheat cv. Nawra

ABSTRAKT: W latach 2005–2006 przeprowadzono doświadczenie z pszenicą jară (odmiana Nawra) na obetonowanych poletkach o powierzchni 14 m² i miąższości warstwy gleby 2 m, wypełnionych różnymi glebami. Celem podjętych badań było określenie wpływu jakości gleby na plon i wartość technologiczną ziarna pszenicy jarej. Wykazano, że najwyższy poziom plonowania pszenica jara uzyskała na glebie kompleksu psennego dobrego (less) i psennego bardzo dobrego (czarna ziemia), natomiast najniżej plonowała na glebie kompleksu psennego wadliwego (rędzina) i żytniego dobrego. Warunki glebowe wywarły wpływ na kształtowanie się cech jakościowych ziarna pszenicy jarej. Wraz z polepszeniem się jakości gleby wzrastał wskaźnik sedymentacyjny i masa 1000 ziaren, natomiast zmniejszała się zawartość białka, glutenu oraz liczba opadania. Analiza zmienności cech jakościowych ziarna wskazuje, że czynnik pogodowy silniej wpływa na wartość wyróżników jakościowych pszenicy jarej niż warunki glebowe.

słowa kluczowe – key words:

pszenica jara – *spring wheat*, warunki glebowe – *soil conditions*, plon – *yield*, jakość ziarna – *grain quality*

WSTĘP

Plonowanie oraz cechy jakościowe ziarna pszenicy jarej są uwarunkowane genetycznie oraz zależą od czynników siedliskowych i agrotechnicznych. Wśród czynników siedliskowych plony najsilniej różnicuje jakość gleby (1). Pszenica jara charakteryzuje się największymi spośród zbóż jarych wymaganiami glebowymi. Do uzyskania dużego plonu wymaga gleb zwięzłych, dobrze utrzymujących wodę. Im gleba jest lżejsza, tym większy wpływ na wielkość plonu mają ilość i rozkład opadów w sezonie wegetacji oraz kultura roli (3).

Dostępna literatura uboga jest w opracowania na temat wpływu warunków glebowych na cechy jakościowe ziarna, dlatego podjęto badania, których celem było określenie wpływu jakości gleby na plon i wartość technologiczną ziarna pszenicy jarej.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Doświadczenie przeprowadzono w latach 2005–2006 na obetonowanych parcelach (ok. 14 m²) wypełnionych sześcioma różnymi glebami (miąższość 2 m), reprezentującymi siedem kompleksów rolniczej przydatności gleb (tab. 1). Gleby te umieszczono z zachowaniem naturalnego profilu na rodzimym podłożu bez izolacji. Doświadczenie założono metodą bloków losowanych w trzech powtórzeniach. Rośliną doświadczalną była pszenica jara odmiany Nawra. Uprawiano ją po owsie. Nawożenie fosforowe i potasowe zastosowano przedsiewnie w ilości 100 kg K₂O i 80 kg·ha⁻¹ P₂O₅ kg·ha⁻¹. Nawożenie azotem 90 kg N·ha⁻¹ zastosowano w dwóch terminach, 45 kg N kg·ha⁻¹ przed siewem i 45 N kg·ha⁻¹ w okresie strzelania w źdźbło. Zbioru dokonano w fazie dojrzałości pełnej. Po zbiorze określono wielkość plonu oraz przeprowadzono ocenę jakościową ziarna obejmującą określenie: masy 1000 ziaren, zawartości białka ogółem metodą Kjeldahla (N x 5,83), ilości i jakości glutenu mokrego (w aparacie Glutomatic), wskaźnika sedymentacji SDS oraz liczby opadania. Wartości półprzedziałów ufności wyliczono przy zastosowaniu testu Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Do oceny zależności między analizowanymi zmiennymi wykorzystano współczynniki korelacji prostej.

Tabela 1

Charakterystyka gleb
Characteristic of soils

Nr parceli Plot number	Typ i rodzaj gleby Soil type and kind	Klasa bonitacyjna Valuation class	Kompleks przydatności rolniczej gleb Soil suitability complex	Wskaźnik bonitacji Index of quality
1	czarna ziemia black earth	I	pszenny bardzo dobry very good wheat complex	100
2	mada brunatna brown alluvial soil	II	pszenny dobry good wheat complex	92
3	brunatna wytworzona z lessu brown soil developed from loess	III a	pszenny dobry good wheat complex	83
4	brunatna właściwa typical brown soil	III b	żytni bardzo dobry very good rye complex	70
5	rędzina limestone soil	IV a	pszenny wadliwy defective wheat complex	57
6	brunatna właściwa typical brown soil	IV b	żytni dobry good rye complex	42

WYNIKI

Wykazano wyraźny wpływ jakości gleby i warunków pogody na plonowanie i jakość ziarna pszenicy jarej. Czynnikiem ograniczającym poziom plonowania pszenicy jarej w roku 2006 były okresowe niedobory wody w glebie. Wystąpiły one w okresie wschodów, krzewienia, kłoszenia i dojrzewania ziarna (tab. 2).

W roku 2005 pszenica jara istotnie wyżej plonowała na glebie kompleksu pszenno-dobrego (czarna ziemia i less), najniższą wydajność uzyskała natomiast na glebie kompleksu pszenno-wadliwego i żytniego dobrego. W roku 2006 na wszyst-

Tabela 2

Miesięczne sumy opadów (mm) w sezonach wegetacji (2005–2006) dla Puław
Monthly sum of rainfall (mm) in the growing season (2005–2006) for Puławy

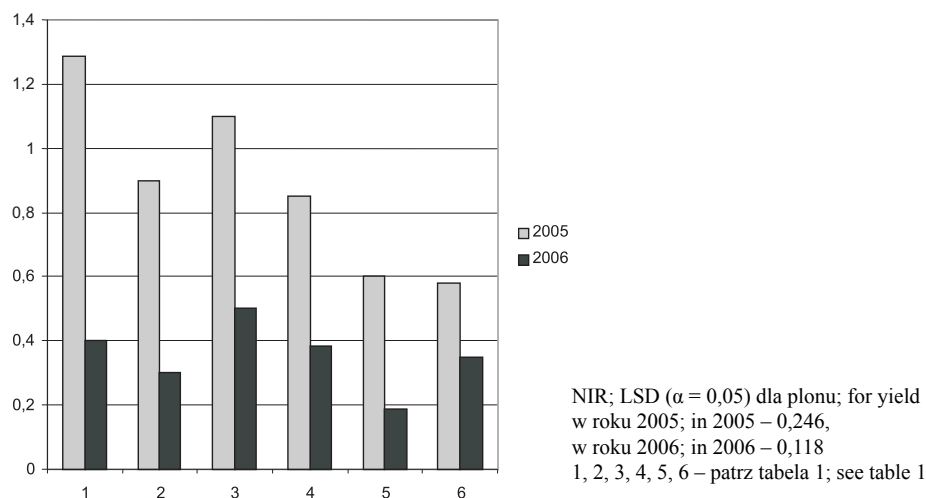
Miesiąc Month	Sezon wegetacyjny; Growing season						Średnia wielolecia Long-term average
	2005			2006			
	dekada; decade						
	I	II	III	I	II	III	
III	2,0	22,0	1,0	5,6	4,9	39,0	29
IV	3,0	3,0	14,0	19,1	7,5	3,1	39
V	49,0	5,0	13,0	8,2	16,3	28,1	57
VI	19,0	15,0	1,0	17,2	0,1	8,3	71
VII	-	42,0	65,0	-	10,3	8,3	84
VIII	53,0	1,0	1,0	105,6	78,4	4,4	75

Tabela 3

Średnie miesięczne temperatury (°C) w sezonach wegetacji (2005–2006) dla Puław
Average monthly temperature (°C) in the growing season (2005–2006) for Puławy

Miesiąc Month	Sezon wegetacyjny; Growing season						Średnia wielolecia Long-term average
	2005			2006			
	dekada; decade						
	I	II	III	I	II	III	
III	-4,8	1,6	3,2	-4,4	-1,3	3,3	1,5
IV	9,0	10,9	7,0	6,7	8,0	13,0	7,7
V	10,9	10,7	18,1	13,6	14,5	13,6	13,4
VI	13,7	16,4	17,4	12,3	18,5	21,9	16,7
VII	19,6	20,2	20,4	22,3	21,5	23,6	18,3
VIII	17,0	17,6	18,6	18,8	18,5	15,9	17,3

kich badanych glebach pszenica bardzo słabo plonowała. Najwyższy plon pszenica uzyskiwała na glebie kompleksu pszennego dobrego (less). Na pozostałych glebach (z wyjątkiem rędziny) plonowanie pszenicy jarej było podobne (rys. 1).



Rys. 1. Plon ziarna pszenicy jarej (kg·m⁻²) na różnych kompleksach glebowych w latach 2005–2006
Grain yield of spring wheat on different soil complexes in 2005–2006

Jakość ziarna pszenicy jarej zależała od jakości gleby i warunków pogodowych w latach prowadzenia badań.

Wyniki badań wskazują na zależność korelacyjną wyróżników jakości ziarna od kompleksu glebowego. Istotne dodatnie korelacje wystąpiły pomiędzy kompleksem rolniczej przydatności gleb a wskaźnikiem sedymentacyjnym i masą 1000 ziaren. Wraz z polepszeniem się jakości gleby zmniejszała się zawartość białka, glutenu, indeks glutenu oraz liczba opadania (tab. 4).

Tabela 4

Współczynniki korelacji wskaźników wartości technologicznej ziarna pszenicy jarej z warunkami glebowymi (2005–2006)

Correlation coefficients of grain quality parameters of spring wheat as related to soil conditions (mean from 2005–2006)

Zawartość glutenu Gluten content (%)	Indeks glutenowy Gluten index	Wskaźnik sedymentacji Sedimentation index (cm ³)	Zawartość białka Protein content (% s.m.)	Liczba opadania Falling number (s)	Masa 1000 ziaren Weight of 1000 grains (g)
-0,408	-0,366	0,370	-0,350	-0,459	0,498

Warunki glebowe wpływały na wykształcenie ziarna, które najwyższe wartości osiągnęło na glebie kompleksu pszennego dobrego (less i mada w roku 2005), a istotnie najniższą na kompleksie pszennym wadliwym (rędzina). W roku 2006, w okresie nalewania ziarna wystąpiły niedobory wilgoci w glebie i wysokie temperatury powietrza (tab. 2, 3), które negatywnie wpłynęły na masę 1000 ziaren. Podobnie jak w poprzednim roku najwyższą masę 1000 ziaren uzyskano na glebie kompleksu pszennego dobrego oraz na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego.

W roku 2005 zawartość glutenu w ziarnie była istotnie wyższa na glebie kompleksu pszennego wadliwego (rędzina), a najniższa na kompleksie pszennym dobrym (mada i less). Podobną zawartość glutenu w ziarnie (24,9% i 24,7%) uzyskano na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego i żytniego dobrego. Najwyższa zawartość białka wystąpiła w ziarnie zebranym z kompleksu pszennego wadliwego (rędzina) i była ona istotnie wyższa w porównaniu do zawartości białka w ziarnie z kompleksu pszennego dobrego (mada i less). Warunki pogodowe w roku 2006 były bardziej sprzyjające dla odkładania się substancji białkowych w ziarnie pszenicy. Średnia zawartość białka ogółem w ziarnie wynosiła 12,9% s.m. i była większa o 6% w porównaniu do zawartości białka w ziarnie pszenicy uzyskanego w roku

Tabela 5

Cechy jakościowe ziarna pszenicy w zależności od kompleksu glebowego w 2005 roku
Grain quality traits depending on soil complex in 2005

Kompleks przydatności rolniczej gleb Soil suitability complex	Zawartość glutenu Gluten content (%)	Indeks glutenowy Gluten index	Wskaźnik sedymentacji Sedimentation index (cm ³)	Zawartość białka Protein content (% s.m.)	Liczba opadania Falling number (s)	Masa 1000 ziaren Weight of 1000 grains (g)
Pszenny bardzo dobry Very good wheat complex	23,2	94,6	77	11,9	335	37,9
Pszenny dobry (mada brunatna) Good wheat complex (brown alluvial)	21,6	98,2	77	11,3	404	40,5
Pszenny dobry (less) Good wheat complex (loess)	21,2	95,6	72	11,3	348	42,3
Żytni bardzo dobry Very good rye complex	24,9	96,1	73	12,5	353	36,6
Pszenny wadliwy Defective wheat complex	26,4	98,2	85	13,2	474	35,1
Żytni dobry Good rye complex	24,7	97,6	76	12,9	382	35,0
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	1,38	r.n.	8,9	1,75	90,1	4,15

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

Tabela 6

Cechy jakościowe ziarna pszenicy w zależności od kompleksu glebowego w 2006 roku
Grain quality traits depending on soil complex in 2006

Kompleks przydatności rolniczej gleb Soil suitability complex	Zawartość glutenu Gluten content (%)	Indeks glutenowy Gluten index	Wskaźnik sedymentacji Sedimentation index (cm ³)	Zawartość białka Protein content (% s.m.)	Liczba opadania Falling number (s)	Masa 1000 ziaren Weight of 1000 grains (g)
Pszenny bardzo dobry Very good wheat complex	29,7	72,8	79,5	13,0	403	28,6
Pszenny dobry (mada brunatna) Good wheat complex (brown alluvial)	23,8	97,0	77,0	13,0	405	34,1
Pszenny dobry (less) Good wheat complex (loess)	28,3	96,5	73,0	12,4	382	32,4
Żytni bardzo dobry Very good rye complex	33,0	96,0	59,0	12,4	411	33,3
Pszenny wadliwy Defective wheat complex	27,2	96,5	74,5	11,4	447	25,9
Żytni dobry Good rye complex	33,2	93,3	60,0	15,4	436	29,0
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	3,30	4,89	8,01	2,7	r.n.	3,29

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

2005. W tym roku badań najwyższą zawartość białka stwierdzono w ziarnie zebranym z kompleksu żytniego dobrego oraz pszennego bardzo dobrego i pszennego dobrego (mada), natomiast najniższą – z kompleksu pszennego wadliwego (rędzina). Zawartość glutenu w ziarnie pszenicy była istotnie najwyższa w ziarnie uzyskanym z kompleksu żytniego bardzo dobrego i żytniego dobrego w porównaniu do zawartości glutenu w ziarnie pochodzącym z pozostałych kompleksów glebowych. W 2005 r. warunki glebowe różnicowały wskaźnik sedymentacyjny SDS, najwyższą wartością tego wskaźnika charakteryzowało się ziarno zebrane z kompleksu pszennego wadliwego w porównaniu do ziarna otrzymanego z kompleksu pszennego dobrego (less) i żytniego bardzo dobrego. W roku 2006 największą wartością tego wskaźnika cechowało się ziarno uzyskane z kompleksu pszennego bardzo dobrego, pszennego dobrego (mada, less) oraz kompleksu pszennego wadliwego. W badanym ziarnie niezależnie od roku zbioru aktywność enzymów amylolitycznych była niska. W roku 2005 warunki glebowe istotnie wpływały na liczbę opadania. Istotnie najwyższą liczbą opadania charakteryzowało się ziarno na kompleksie pszennym

wadliwym (rędzina). W roku 2006 nie stwierdzono istotnego wpływu jakości gleby na tę cechę.

DYSKUSJA

Dane literaturowe wskazują na istotną zależność plonowania pszenicy jarej od warunków glebowych (3, 7). Wcześniejsze badania (3) wskazują, że pszenica jara na kompleksie pszennym dobrym plonowała o 13%, na kompleksie żytnim bardzo dobrym o 24% oraz na kompleksie żytnim dobrym o 29% niżej w porównaniu z najwyższą wydajnością uzyskaną z kompleksu pszennego bardzo dobrego. W prezentowanych badaniach pszenica jara uzyskała najwyższą wydajność na glebie kompleksu pszennego dobrego (less) i pszennego bardzo dobrego (czarna ziemia). Istotnie niższy poziom plonowania pszenicy stwierdzono na glebach kompleksu żytniego dobrego i pszennego wadliwego.

W ocenie jakości ziarna dużą uwagę zwraca się na zawartość białka i glutenu. W prezentowanej pracy warunki glebowe istotnie różnicowały zawartość białka i ilość wymywanego glutenu. Natomiast badania przeprowadzone przez Podolską i in. (5) z pszenicą ozimą wskazują na brak wpływu kompleksu glebowego na zawartość białka. Badania Kusia i in. (2) prowadzone na parcelach glebowych wskazują, że pszenica ozima uprawiana na glebach o większej zasobności w próchnicę (czarna ziemia i mada) wyróżnia się większą zawartością białka i glutenu w porównaniu z pszenicą uprawianą na glebie o składzie granulometrycznym piasku gliniastego (kompleks 5).

Z punktu widzenia piekarstwa ważna jest nie tylko zawartość białka i glutenu, ale również ilość i jakość białek glutenowych. Ilość i jakość glutenu określono pośrednio testem sedymentacji SDS. Jego wartości zależały od warunków glebowych. Najwyższą jego wartością charakteryzowało się ziarno uprawiane na glebach najlepszych (kompleks pszenny bardzo dobry, pszenny dobry) oraz na rędzinie (kompleks pszenny wadliwy). Korzystne oddziaływanie jakości gleby na wskaźnik sedymentacji wystąpiło również w badaniach Podolskiej i in. (5), Podolskiej i Filipiak (6), Sułek i Filipiak (9) oraz Nowaka i in. (4). Podolska (6) wykazała istotny wzrost wskaźnika sedymentacji na glebie kompleksu pszennego bardzo dobrego w porównaniu ze wskaźnikiem uzyskanym na glebie kompleksu pszennego dobrego, żytniego dobrego, pszennego wadliwego i żytniego dobrego. Natomiast w innych badaniach (5) nie stwierdziła istotnego wpływu jakości gleby na tę cechę. Badania Sułek i Filipiak (9) wskazują, że pszenica jara uprawiana w rejonie południowo-wschodniej Polski wykazywała istotny wzrost wskaźnika sedymentacyjnego w ziarnie na glebie kompleksu pszennego bardzo dobrego i żytniego bardzo dobrego.

W ocenie jakości ziarna dużą rolę odgrywa aktywność enzymów amylolitycznych. W prezentowanych badaniach ziarno na wszystkich badanych glebach charakteryzowało się wysoką liczbą opadania, a warunki glebowe różnicowały tę cechę

w roku 2005, o równomiernym rozkładzie opadów. Natomiast badania Podolskiej i in. (5) z pszenicą ozimą wskazują na brak zależności liczby opadania od warunków glebowych. Z wcześniejszych badań (8) wynika, że na tę cechę wpływ mają przede wszystkim właściwości odmianowe oraz przebieg warunków pogodowych w czasie wzrostu rośliny i zbioru ziarna.

Prezentowane wyniki badań wskazują na istotną korelację między wyróżnikami jakości ziarna i warunkami glebowymi. Uprawa pszenicy jarej na najlepszych glebach korzystnie wpływała na wykształcenie ziarna i wskaźnik sedymentacji, pogarszała się zawartość glutenu i białka oraz liczba opadania. Badania Podolskiej i in. (5) przeprowadzone z pszenicą ozimą wskazują, że warunki glebowe mają niewielki wpływ na kształtowanie się cech jakościowych ziarna pszenicy ozimej – uprawa pszenicy na glebach najlepszych wpłynęła korzystnie na gęstość ziarna w stanie zsypanym, wykształcenie ziarna, natomiast nie miała wpływu na liczbę opadania i zawartość białka.

WNIOSKI

1. Najwyższy poziom plonowania pszenica jara uzyskała na glebie kompleksu psennego dobrego (less) i psennego bardzo dobrego (czarna ziemia), natomiast najniżej plonowała na glebie kompleksu psennego wadliwego (rędzina) i żytniego dobrego.

2. Warunki glebowe wywarły wpływ na kształtowanie się cech jakościowych ziarna pszenicy jarej. Wraz z polepszeniem się jakości gleby wzrastał wskaźnik sedymentacyjny i masa 1000 ziaren, natomiast zmniejszała się zawartość białka, glutenu oraz liczba opadania.

3. Analiza zmienności cech jakościowych ziarna wskazuje, że czynnik pogodowy silniej niż warunki glebowe wpływa na wartość wyróżników jakościowych pszenicy jarej.

LITERATURA

1. Górski T., Krasowicz S., Kuś J.: Glebowo-klimatyczny potencjał Polski w produkcji zbóż. *Pam. Puł.*, 1999, **114**: 127-142.
2. Kuś J., Kamińska M., Mróz A.: Plonowanie pszenicy ozimej na glebach o różnej przydatności rolniczej. *Pam. Puł.*, 1999, **118**: 241-248.
3. Mazurek J., Sułek A.: Plonowanie pszenicy jarej na różnych glebach w zależności od gęstości siewu. *Pam. Puł.*, 1996, **107**: 5-13.
4. Nowak W., Zbroszczyk T., Kotowicz L.: Wpływ intensywności uprawy na niektóre cechy jakościowe ziarna odmian pszenicy. *Pam. Puł.*, 2004, **135**: 199-212.
5. Podolska G., Stankowski S., Podolski B.: Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy w zależności od warunków glebowych. *Pam. Puł.*, 2005, **139**: 188-197.
6. Podolska G., Filipiak K.: Wpływ warunków siedliska na poziom i jakość ziarna pszenicy ozimej. Cz. II. Wpływ warunków glebowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2009, **542**: 397-404.

7. Sułek A.: Wpływ gęstości siewu na architekturę łanu pszenicy jarej Sigma uprawianej na różnych glebach. Biul. IHAR, 2001, **220**: 69-79.
8. Sułek A., Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A.: Wpływ różnych sposobów aplikacji azotu na plon, elementy jego struktury oraz wybrane cechy jakościowe ziarna odmian pszenicy jarej. Ann. UMCS, Sec. E, 2004, **59(2)**: 543-551.
9. Sułek A., Filipiak K.: Plonowanie i cechy jakościowe ziarna pszenicy jarej w rejonie południowo-wschodnim. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2009, **542**: 71-77.

THE INFLUENCE OF SOIL CONDITIONS ON GRAIN YIELD AND GRAIN QUALITY OF SPRING WHEAT CV NAWRA

Summary

In years 2005–2006 microplot experiment with spring wheat was located on a small plots – 14 m² with concrete walls 2 m deep, filled with different sort of soil. The goal of this study was to evaluate the influence of soil conditions on yield and technological quality of spring wheat grain. The obtained results showed that the biggest yields were harvested on good wheat (less) and very good (black earth) complexes and the lowest ones on defective wheat complex (limestone soil) and good rye complex. Soil conditions influenced also grain qualitative characters. Sedimentation index and weight of thousand seeds increased as soil quality increased but protein and gluten content as well as sedimentation index decreased. The analysis of grain quality shows that weather factor influenced grain quality stronger comparing to soil quality.

Praca wpłynęła do Redakcji 27 X 2009 r.

RYSZARD WEBER, HANNA GOŁĘBIEWSKA

Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli we Wrocławiu
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

ZMIENNOŚĆ PLONOWANIA ODMIAN KUKURYDZY W ZALEŻNOŚCI
OD STOSOWANEGO HERBICYDU SULFONYLOMOCZNIKOWEGO
I WARUNKÓW SIEDLISKOWO-AGROTECHNICZNYCH

Variability yielding of maize cultivars depending on the sulfonylurea herbicides
and habitats-agricultural conditions

ABSTRAKT: Celem pracy była ocena reakcji wybranych odmian kukurydzy na dwa herbicydy z grupy sulfonilomocznikowej w zależności od warunków siedliskowo-agrotechnicznych na obszarze Dolnego Śląska.

Badania przeprowadzono w latach 2003–2005 w trzech miejscowościach, na glebach zaliczanych do kompleksu pszennego bardzo dobrego. Przedplonem kukurydzy w Kobierzycach był rzepak ozimy, natomiast w Teodorowie pszenica jara. W miejscowości Milejowice kukurydza była uprawiana w monokulturze. Całość doświadczeń była odchwaszczana mechanicznie w celu wyeliminowania wpływu chwastów na wielkość plonu. Doświadczenia złożono metodą losowanych bloków, uwzględniając w uprawie 5 zróżnicowanych pod względem wczesności i pochodzenia odmian kukurydzy (Matylda, Caraibe, Król, Iman, Koka). Herbicyd Titus 25 WG stosowano łącznie z adjuwantem Trend 90 EC w dawce 60 g + 0,2 l·ha⁻¹ w fazie 3–4 liści. W tych samych miejscowościach w bezpośrednim sąsiedztwie tego doświadczenia zakładano drugie doświadczenia na bazie tych samych odmian kukurydzy stosując herbicyd Milagro 040 SC (nicosulfuron – 40 g·l⁻¹) w dawce 1,5 l·ha⁻¹ w fazie 3–4 liści kukurydzy. Do oceny i analizy wyników zastosowano metodę analizy dyskryminacyjnej i skupień. Stosowanie analizowanych herbicydów w uprawie odmian Matylda, Król i Iman nie spowodowało spadków plonu kukurydzy. Natomiast znaczną wrażliwością na stosowane środki chemiczne odznaczały się odmiany Caraibe i Koka. Uprawa kukurydzy w monokulturze lub po przedplonach zbożowych ograniczała stabilność plonowania tego gatunku w porównaniu do uprawy po rzepaku ozimym.

słowa kluczowe – key words:

herbicydy – *herbicides*, odmiany kukurydzy – *maize cultivars*, analiza dyskryminacyjna – *analysis of discriminatory*, analiza skupień – *cluster analysis*

WSTĘP

Chemiczne zwalczanie chwastów opiera się na różnicy poziomu reakcji między gatunkiem rośliny uprawnej a populacją chwastów po zastosowaniu określonej

substancji czynnej (2). Enzymatyczny system obronny rośliny można podzielić na trzy fazy. Enzymami fazy bioaktywacji są głównie polisubstratowe monooksygenazy oraz enzymy wykazujące aktywność hydrolityczną i osydoredukcyjną. Produkty pierwszej fazy łączą się z endogennym substratem. W trzeciej fazie modyfikacji transport powstałych koniugatów poprzez tonoplast prowadzi grupa Mg i ATP-zależnych transporterów. Powstałe związki chemiczne zgromadzone w wakuoli podlegają dalszym modyfikacjom pod wpływem peroksydaz i karboksypeptydaz (7). Ten skomplikowany system obronny rośliny uprawnej może więc w wyniku niewielkich zmian środowiska ulegać znacznym zaburzeniom. Dlatego selektywność herbicydów nie powinna być oceniana jedynie poprzez efekty działania związku chemicznego na roślinę uprawną i populację chwastów na danym polu. Należy uwzględniać również warunki glebowo-klimatyczne, które w istotny sposób mogą przyczynić się do negatywnych lub pozytywnych skutków stosowania środków chwastobójczych.

Zanikające żółknięcia liści będące efektem przejściowego stresu roślin w większości przypadków nie wywierają negatywnego wpływu na plony (11). Natomiast stres powodujący zahamowanie wzrostu i rozwoju roślin w trakcie wegetacji może przyczynić się do istotnego spadku plonu kukurydzy. Znaczne zróżnicowanie reakcji odmian kukurydzy na herbicydy, jak również wielość nowych biotypów chwastów odpornych na stosowane środki chemiczne (12) powoduje, że obecnie, szczególnie na obszarze Ameryki Północnej, coraz większą rolę odgrywają formy transgeniczne kukurydzy odporne na herbicydy nieselektywne (3). Celem pracy była ocena reakcji wybranych odmian kukurydzy na dwa herbicydy z grupy sulfonilomoczników w zależności od środowiska w warunkach Dolnego Śląska.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2003–2005 w trzech lokalizacjach, w warunkach Dolnego Śląska (Kobierzyce, Teodorów, Milejowice) na glebach zaliczanych do kompleksu pszennego bardzo dobrego. Przedplonem kukurydzy w Kobierzycach był rzepak ozimy, natomiast w Teodorowie pszenica jara. W miejscowości Milejowice kukurydza była uprawiana w monokulturze. Całość doświadczeń była odchwaszczana mechanicznie w celu wyeliminowania wpływu chwastów na wielkość plonu. Doświadczenia założono metodą losowanych bloków uwzględniając w uprawie 5 zróżnicowanych odmian kukurydzy: Matylda, Caraibe, Król, Iman, Koka (tab. 1). Herbicyd Titus 25 WG z grupy sulfonilomoczników, zawierający jako substancję czynną rimsulfuron ($15 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$) stosowano łącznie z adjuwantem Trend 90 EC w dawce $60 \text{ g} + 0,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ w fazie 3–4 liści kukurydzy. W tych samych miejscowościach, w bezpośrednim sąsiedztwie doświadczeń z herbicydem Titus 25 WG, zakładano drugie doświadczenia na bazie tych samych odmian kukurydzy stosując herbicyd Milagro 040 S.C. (nikosulfuron – $40 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$) w dawce $1,5 \text{ dm}^3$ w fazie 3–4 liści kukurydzy.

Zróżnicowanie plonów analizowanych odmian kukurydzy pod wpływem stosowanych herbicydów porównywano z obiektami kontrolnymi. Każdy blok doświadczenia zawierał 10 obiektów (5 odmian traktowanych badanym herbicydem i 5 odmian na poletkach kontrolnych). Zbiór kukurydzy przeprowadzono w fazie dojrzałości pełnej. W celu oceny zmienności plonowania badanych odmian kukurydzy w zależności od środowiska uprawy i stosowanych herbicydów zastosowano wielozmienną analizę wariancji (MANOVA) oraz metodę analizy dyskryminacyjnej opisaną w opracowaniach Morrisona (10), Krzyński (8) oraz Mądrego (9). Powyższa analiza pozwala na ocenę plonów odmian kukurydzy w przestrzeni zdefiniowanej przez 6 środowisk (3 miejscowości x 2 rodzaje herbicydów).

WYNIKI BADAŃ

Wstępna analiza wariancji w poszczególnych miejscowościach wykazała istotność zróżnicowań plonów badanych mieszańców kukurydzy w obiektach kontrolnych i w warunkach stosowanych herbicydów. Statystyka lambdy Wilksa dla całkowitej dyskryminacji, obliczona jako stosunek wyznacznika macierzy wariancji i kowariancji wewnątrzgrupowej do wyznacznika macierzy wariancji i kowariancji całkowitej wykazała istotne różnice pomiędzy plonami odmian kukurydzy w poszczególnych środowiskach (miejscowościach) w zależności od stosowanej substancji czynnej (tab. 2). Analizując cząstkową lambdę Wilksa, jak również wartość statystyki F dla poszczególnych obiektów – zmiennych, można wykazać, że środowisko Milejowice wywarło znaczący wpływ na zmienność plonów badanych odmian kukurydzy niezależnie od stosowanego środka chemicznego. Jednak największe zróżnicowanie plonów stwierdzono w środowisku Teodorów w warunkach stosowania herbicydu Titus 25 WG + Trend 90 EC. Środowisko Kobierzyce cechowała mniejsza zmienność plonowania mieszańców kukurydzy. Należy więc stwierdzić, że uprawa kukurydzy w monokulturze lub po przedplonach zbożowych warunkuje bardziej niestabilne plony analizowanych mieszańców niż w zmianowaniu z udziałem roślin dwuliściennych. Wartości „tolerancji” – miary redundancji badanych zmiennych – wskazują również na małe współzależności pomiędzy badanymi miejscowościami. Wstępne wyniki analizy dyskryminacyjnej dla badanych środowisk należy jednak potwierdzić poprzez analizę kanoniczną. Dalsza analiza statystyczna pozwoliła uzyskać 6 liniowo niezależnych funkcji liniowych, które przedstawiają wielo cechowe zróżnicowanie analizowanych miejscowości (w warunkach stosowania określonego herbicydu) w przestrzeni zmiennych kanonicznych (tab. 3).

Istotność wartości poszczególnych pierwiastków – zmiennych kanonicznych oceniano testem chi-kwadrat (tab. 4).

Rzeczywisty wymiar przestrzeni dyskryminacyjnej dla analizowanych środowisk określają trzy pierwsze pierwiastki charakterystyczne różniące się istotnie od zera. W interpretacji znaczenia zmiennych kanonicznych wykorzystano standaryzowane

Tabela 1

Plony odmian kukurydzy ($t \cdot ha^{-1}$) w zależności od sposobu odchwaszczania w latach 2003–2005
Yield ($t \cdot ha^{-1}$) of corn varieties in relation to weeding method in 2003–2005

Odmiany Cultivars	Milagro 040 SC			Titus 25 WG + Trend 90 EC		
	Kobierzyce	Teodorów	Milejowice	Kobierzyce	Teodorów	Milejowice
Matilda	10,14	8,57	7,38	9,54	8,41	7,27
Caraibe	8,38	8,37	7,67	8,94	6,82	5,18
Król	11,05	9,84	8,16	10,33	9,19	7,73
Iman	11,34	12,75	7,91	11,12	12,09	7,30
Koka	9,57	7,35	8,02	5,56	4,65	7,20
Średnia Mean	10,10	9,38	7,83	9,10	8,23	6,94
Kontrola; Control						
Odmiany Cultivars	Milagro 040 SC			Titus 25 WG + Trend 90 EC		
	Kobierzyce	Teodorów	Milejowice	Kobierzyce	Teodorów	Milejowice
Matilda	11,5	8,93	7,9	11,22	8,41	8,18
Caraibe	11,11	8,72	7,69	10,89	8,76	7,41
Król	11,59	9,67	8,67	11,19	9,27	8,23
Iman	11,13	12,7	7,57	11,81	12,82	7,79
Koka	10,55	9,45	9,96	10,37	9,61	9,88
Średnia Mean	11,18	9,89	8,36	11,10	9,77	8,30

Tabela 2

Analiza funkcji dyskryminacyjnej
Discriminant function analysis

Miejscowości Środowiska Environments	Lambda Wilksa Wilks' lambda	Cząstkowa lambda Wilksa Partial Wilk's lambda	F	Poziom p p level	Tolerancja Tolerance	R ²
Kobierzyce + M.	0,0017	0,5468	1,41	0,2650	0,51	0,48
Kobierzyce + T.	0,0022	0,4184	2,31	0,0723	0,45	0,54
Teodorów + M.	0,0019	0,4933	1,71	0,1717	0,27	0,72
Teodorów + T.	0,0034	0,2796	4,29	0,0064	0,27	0,72
Milejowice + M.	0,0029	0,3294	3,39	0,0179	0,31	0,68
Milejowice + T.	0,0030	0,3091	3,72	0,0121	0,44	0,55

Lambda Wilksa; Wilks' lambda = 0,00096; $F(54,81) = 4,3672$; $p < 0,0001$

Oznaczenia: M. – Milagro 040 S.C.; T. – Titus 25 WG + Trend 90 EC

Tabela 3

Współczynniki standaryzowane dla zmiennych kanonicznych
Standardized coefficients for canonical variables

Środowiska Environments	Pierwiastki; Root					
	1	2	3	4	5	6
Kobierzyce + M.	-0,43	-0,38	0,03	-0,93	0,66	-0,54
Kobierzyce + T.	0,73	0,42	0,96	0,13	0,20	0,72
Teodorów + M.	-0,59	-0,61	-1,17	-0,64	0,20	1,01
Teodorów + T.	1,53	-0,02	0,27	0,75	-0,28	-0,78
Milejowice + M.	-1,22	0,34	-0,22	0,91	0,61	-0,53
Milejowice + T.	0,91	0,81	-0,30	-0,48	-0,45	0,49
Wartość własna Eigen value	20,703	4,452	1,980	1,549	0,158	0,002
Skumulowany % Cumulating %	0,71	0,87	0,94	0,99	0,99	1,00

T., M. – patrz tab. 2; see Table 2

współczynniki i wielkości korelacji pomiędzy badanymi miejscowościami i pierwiastkami kanonicznymi. Wysokie bezwzględne wartości współczynników standaryzowanych oraz znaczące korelacje pomiędzy badanymi zmiennymi i pierwiastkami kanonicznymi wskazują na duży wpływ poszczególnych środowisk w różnicowaniu plonów odmian kukurydzy. Trzy pierwsze zmienne kanoniczne wyjaśniają w 94% wzajemne odległości pomiędzy badanymi obiektami. Udział pozostałych zmiennych kanonicznych jest znacznie niższy. Analizując wartości bezwzględne współczynników standaryzowanych dla pierwszej i drugiej zmiennej kanonicznej można wykazać, że środowiska: Milejowice niezależnie od stosowanego środka chemicznego i Teodorów w warunkach stosowania herbicydu Titus 25 WG + Trend 90 EC wywierają największy wpływ na formowanie pierwszej funkcji dyskryminacyjnej. Również najwyższym współczynnikiem standaryzowanym w przypadku drugiej zmiennej kanonicznej charakteryzuje się środowisko Milejowice w warunkach stosowanego herbicydu Titus 25 WG + Trend 90 EC. Wymienione środowiska odznaczają się również istotnie wyższymi korelacjami z pierwszą funkcją dyskryminacyjną i drugą funkcją dyskryminacyjną. Świadczą o tym wysokie wartości współczynników strukturalnych dla wymienionych zmiennych. Należy więc stwierdzić, że środowiska Milejowice i Teodorów w obiektach z herbicydem Titus 25 WG + Trend 90 EC wykazują największą moc dyskryminacyjną w różnicowaniu plonów badanych odmian kukurydzy. Analiza współczynników strukturalnych potwierdza znaczące korelacje tych środowisk z pierwszym pierwiastkiem charakterystycznym. Należy więc stwierdzić, że największy wpływ na formowanie pierwszej funkcji dyskryminacyjnej wywierają tylko dwa wyżej wymienione środowiska.

Tabela 5 zawiera kwadraty odległości Mahalanobisa, które stanowią miary odległości między dwiema odmianami w przestrzeni zdefiniowanej przez 6 środo-

Tabela 4

Testy χ^2 kolejnych pierwiastków
 χ^2 tests of consecutive roots

Pierwiastki usunięte Deleted roots	Wartość własna Eigen value	R kanoniczne Canonical R	Lambda Wilksa Wilks' lambda	Chi ²	Poziom p p level
0	20,70	0,97	0,0009	145,96	0,00000
1	4,45	0,90	0,0207	81,34	0,00012
2	1,98	0,81	0,1133	45,72	0,01865
3	1,54	0,77	0,3377	22,79	0,19862
4	0,15	0,37	0,8609	3,14	0,97784
5	0,00	0,04	0,9976	0,04	0,99970

wisk. Odległość Mahalanobisa jest podobna do standardowej odległości Euklidesa, uwzględnia ona jednak dodatkowo korelacje między badanymi zmiennymi. Im większe są odległości wykazane w tabeli 5, tym dalej od siebie umiejscowione są analizowane obiekty i tym większą moc dyskryminacyjną posiada przedstawiony model w różnicowaniu plonów badanych odmian. Porównując plony odmian w środowisku kontroli (bez stosowania środków chemicznych) z poletkami opryskiwanymi herbicydami sulfonilomocznikowymi można stwierdzić znaczne zróżnicowanie. Nie wykazano istotnych spadków plonów pod wpływem stosowanych środków chemicznych u odmian Matylda, Król i Iman. Natomiast znaczne odległości Mahalanobisa pomiędzy obiektami Caraibe (kontrola) i Caraibe + h (+ herbicyd) oraz Koka (kontrola) i Koka + h wskazują na istotne obniżenie plonowania tych odmian w warunkach stosowania herbicydów Milagro 040 SC lub Titus 25 WG + Trend 90 EC. Odmiany Iman i Koka odznaczały się inną niż pozostałe mieszańce reakcją na zmiany warunków środowiska. Świadczą o tym istotne odległości Mahalanobisa pomiędzy tymi mieszańcami a pozostałymi odmianami zarówno w obiektach kontrolnych, jak również na poletkach opryskanych herbicydami.

W celu porównania plonów 5 odmian kukurydzy w warunkach kontroli i herbicydów sulfonilomocznikowych w przestrzeni utworzonej przez badane środowiska wykonano również analizę skupień metodą Warda (rys. 1). Im bliższe jest względem siebie położenie odmian, tym większe stwierdza się podobieństwo międzygrupowe badanych obiektów. Przedstawione dendrogramy określają odległości euklidesowe pomiędzy badanymi genotypami w przestrzeni 6-wymiarowej, jednak nie uwzględniają współzależności pomiędzy badanymi zmiennymi. Dlatego niektóre odległości Mahalanobisa nie odzwierciedlają oddalenia poszczególnych genotypów w przestrzeni euklidesowej. Można jednak zauważyć pewną zbieżność wyników. Analizując skupienia obiektów wyróżniamy trzy grupy odmian. Mała odległość euklidesowa pomiędzy mieszańcem Iman i Iman + herbicydy potwierdza porównywalne plony tej odmiany niezależnie od stosowanych badanych środków chemicznych.

Tabela 5

Kwadraty odległości Mahalanobisa między badanymi odmianami
Squared Mahalanobis distances between cultivars

Odmiany Culti- vars	Odmiany w środowisku z herbicydami Cultivars – with herbicides					Odmiany – w środowisku kontroli Cultivars – control				
	Ma+h	Car+h	Kr+h	Im+h	Ko+h	Ma	Car	Kr	Im	Ko
Ma+h	0,00	57,8*	3,2	29,4*	114,8*	5,1	2,8	7,4	51,5*	37,7*
Car+h	57,8*	0,00	57,6*	123,8*	47,8*	78,3*	77,3*	91,1*	184,8*	115,1*
Kr+h	3,2	57,6*	0,0	25,9*	103,5*	5,9	5,9	6,3	51,6*	32,0*
Im+h	29,4*	123,8*	25,9*	0,00	206,7*	37,4*	29,6*	28,6*	7,7	67,3*
Ko+h	114,8*	47,8*	103,5*	206,7*	0,00	131,9*	139,0*	147,5*	284,7*	156,3*
Ma	<u>5,1</u>	78,3*	5,9	37,4*	131,9*	0,0	1,4	2,2	56,0*	30,9*
Car	2,8	<u>77,3*</u>	5,9	29,6*	139,0*	1,4	0,0	4,0	46,4*	39,8*
Kr	7,4	91,1	<u>6,3</u>	28,6*	147,5*	2,2	4,0	0,0	43,2*	20,8
Im	51,5*	184,8	51,6*	<u>7,7</u>	284,7*	56,0	46,4*	43,2*	0,0	84,4*
Ko	37,7*	115,1	32,0*	67,3*	<u>156,3*</u>	30,9	39,8*	20,8	84,4*	0,0

Ma – Matylda; Car – Caraiibe; Kr – Król; Ko – Koka; Im – Iman

ERROR: undefined
OFFENDING COMMAND: Sans

STACK:

/MS