



**OCENA WARTOŚCI TECHNOLOGICZNEJ
ZIARNA PSZENŻYTA NAWOŻONEGO
OBORNIKIEM I MIKROELEMENTAMI**

*Tomasz KNAPOWSKI¹, Wojciech KOZERA¹,
Ladislav DUCSAY²*

***ASSESSMENT OF THE TECHNOLOGICAL
VALUE OF TRITICAL GRAIN FERTILIZED
WITH MANURE AND MICROELEMENTS***

STRESZCZENIE

Ziarno pszenżyta charakteryzuje się wysoką wartością paszową, ale stwarza również możliwości wykorzystania go w celach konsumpcyjnych, gdzie może być wykorzystywane jako surowiec do produkcji chleba. Wartość wypiekowa związana jest z parametrami technologicznymi, które powinny cechować się optymalnymi wartościami. Są one determinowane, m. in., nawożeniem mineralnym, jak i naturalnym. W związku z powyższym przeprowadzono 2. czynnikowe badania, założone metodą losowanych podbloków. Materiał doświadczalny stanowiło ziarno pszenżyta ozimego. Czynniki badawczymi były: nawożenie naturalne (obornik) i aplikacja mikroelementami (Cu, Zn, Mn, Cu+Zn+Mn). Celem było

¹ Politechnika Bydgoska im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, ul. Seminaryjna 5,
85 -326 Bydgoszcz

² Uniwersytet Rolniczy w Nitrze, Tr. A. Hlinku 2, 94976 Nitra, Słowacja

sprawdzenie wpływu wyżej wymienionych czynników oraz ich interakcji na wartość technologiczną ziarna. Najwyższą wartość liczby opadania, w stosunku do obiektu kontrolnego, stwierdzono po zastosowaniu 30 t·ha⁻¹ obornika oraz na obiekcie, gdzie aplikowano dolistnie łącznie miedź, cynk i mangan. Stwierdzono również, że nawożenie obornikiem i dolistne nawożenie Cu, Zn, Mn oraz łącznie ich zastosowanie powodowało średnio istotny wzrost wartości cech kompleksu białkowego ziarna pszenżyta (białko, gluten, sedymentacja) i objętości pieczywa, w stosunku do kontroli. Wskaźniki kompleksu enzymatycznego i białkowego były istotnie determinowane współdziałaniem nawożenia naturalnego i aplikacją mikroelementami. Najkorzystniejsze wartości tych cech stwierdzono po zastosowaniu obornika oraz dolistnie cynku.

Słowa kluczowe: nawożenie mikroelementami, nawożenie obornikiem, pszenżyto ozime, wartość technologiczna ziarna

ABSTRACT

Triticale grain has a high feed value, but it can also be used for consumption purposes, where it can be used as a raw material for the production of bread. The baking value is related to the technological parameters, which should be characterized by optimal values. They are determined, among other things, by both mineral and natural fertilisation. Therefore, two-factor research was carried out using the randomized subblock method. The experimental material consisted of winter triticale grain. The research factors were: natural fertilisation (manure) and foliar spraying with selected microelements (Cu, Zn, Mn, Cu+Zn+Mn). The aim was to check the influence of the above-mentioned factors and their interactions on the technological value of grain. The highest values of the falling number, in relation to the control objects, were found after the application of manure and in the object where a total of copper, zinc and manganese were applied foliarly. It was found that manure fertilisation and foliar fertilisation with copper, zinc, manganese and their combined application resulted in an average in the value increase of features of the protein complex of triticale (protein, gluten, sedimentation) and bread volume, compared to the control. The indicators of the enzymatic and protein complex were significantly determined by the interaction of natural fertilisation and the application of microelements. The most favorable values of these features were found after the application of manure and foliar zinc.

Keywords: winter triticale, manure fertilisation, microelements fertilisation, technological value of grain

WSTĘP

Pszenżyto ozime jest trzecim, po pszenicy i kukurydzy, najczęściej uprawianym zbożem w Polsce. Powierzchnia jego zasiewów w 2020 roku wynosiła 1,322 mln ha i była wyższa o 11,1% w stosunku do arealu zajmowanego w 2010 r. Z kolei zbiory ziarna w cytowanych latach charakteryzowały się wartościami na poziomie odpowiednio: 6,203 mln t (tj. 4,46 t·ha⁻¹) i 4,576 mln t (3,45 t·ha⁻¹) (Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2023). Celem nowoczesnej uprawy tego zboża jest osiągnięcie najwyższego plonu i optymalnej jego jakości, stosując jak najmniejsze nakłady pod postacią różnych czynników, zwłaszcza agrotechnicznych. Z tych ostatnich bardzo istotnym jest nawożenie. Postęp biologiczny powoduje, że istnieje ciągła konieczność weryfikacji zabiegów agrotechnicznych stosowanych w uprawie pszenżyta, związanych z odmianami, warunkami przyrodniczo-rolniczymi w miejscu uprawy. Zboże to posiada korzystne cechy żyta i pszenicy, co wpływa na jego wysoką wartość paszową. Triticale w przeciwieństwie do ziarna żyta charakteryzuje się niską zawartością włókna i wysoką wartością odżywczą, jako źródła wartościowego białka o dużej zawartości lizyny. Ma korzystny skład aminokwasowy i nie zawiera substancji antyżywniowych (McGoverin i in. 2011, Tayyar 2014, Kaszuba i in. 2017). Coraz częściej ziarno pszenżyta wykorzystuje się, m.in., jako surowiec do produkcji mąki i chleba (Wrigley i Bushuk 2017; Hegarty i in. 2022, Mihaly-Lango i in. 2022, Shchipak i Shchipak 2022, Fraś 2024). Zaletami stosowania pszenżyta w przemyśle spożywczym są jego wartość odżywcza, przemiał i wypiek, co może wynikać ze stosowania odpowiednio dobranego nawożenia naturalnego i mineralnego, w tym aplikacji mikroelementów (Domska i Wojtkowiak 2004, Mut i in. 2005, Knapowski i in. 2009, Fraś, 2022, Kandrov i in. 2023).

Dostarczanie do gleby substancji organicznej poprzez aplikowanie nawozów naturalnych, w tym obornika, korzystnie wpływa na właściwości gleby (chemiczne, fizyczne i biologiczne), rozwój pożądaną fauny glebowej czy gospodarkę wodno-powietrzną. Powyższe czynniki mogą z kolei dodatnio determinować efekt plonotwórczy uprawianych roślin oraz poprawiać wartości cech jakościowych.

Mikroelementy aplikowane roślinom w trakcie ich wegetacji kontrolują procesy biochemiczne w nich zachodzące, zwiększają efektywność nawożenia makroelementami i warunkują prawidłowy wzrost i rozwój oraz wysoką wartość biologiczną plonu. Zatem niedobór mikroskładników może negatywnie weryfikować cechy jakościowe plonu roślin uprawnych, a zwłaszcza białka zbóż, którego zawartość i jakość jest jednym z najważniejszych kryteriów wartości odżywczej ziarna (Grzyś 1998, Yang i in. 2020, Alsafran i in. 2023).

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu nawożenia naturalnego w postaci obornika i aplikacji mikroelementów na wartości wybranych wskaźników technologicznych ziarna pszenżyta ozimego.

MATERIAŁ I METODY

Dwuczynnikowe doświadczenie polowe w 3. powtórzeniach, przeprowadzono w latach 2017-2020 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym PBŚ w Minikowie (53° 9' 54" N, 17° 44' 28" E, woj. kujawsko-pomorskie). Materiał stanowiło pszenżyto ozime odmiany Belcanto. Czynnikiem badawczymi były: nawożenie naturalne (I czynnik, n=2: obornik - 30 t·ha⁻¹, bez obornika) zastosowane po zbiorze przedplonu i dolistna aplikacja mikroelementów w formie soli technicznych (II czynnik, n=5: Cu - 0,1 kg·ha⁻¹, Zn - 0,2 kg·ha⁻¹, Mn - 0,3 kg·ha⁻¹ oraz łącznie Cu+Mn+Zn, kontrola) wykonana w fazie strzelania w źdźbło (34-37 BBCH) razem z 6% roztworem mocznika. Oprysk wykonano w ciągu jednego dnia, rozpuszczając wcześniej odpowiednie dawki mikroelementów w objętości wody odpowiadającej 300 dm³·ha⁻¹. Poziom nawożenia NPK (80, 120, 30 kg·ha⁻¹) był stały. Zboże uprawiano na glebie należącej do klasy bonitacyjnej III b (kompleks żytni bardzo dobry), charakteryzującej się obojętnym odczynem, o średniej zawartości przyswajalnych form P, K, Mg, Mn, Zn i Cu. Przedplonem był owies. Wszystkie zabiegi agrotechniczne przed siewem, czynności w trakcie wegetacji rośliny oraz siew (2. dekada IX, C1, 170 kg·ha⁻¹) przeprowadzono zgodnie z wymaganiami dla badanego zboża. Zbiór ziarna przeprowadzono w fazie pełnej dojrzałości ziarna (92-99 BBCH, 1. dekada VIII) przy użyciu poletkowego kombajnu Wintersteiger. Z poletek pobrano próbki ziarna w celu wykonania analiz chemicznych. Po ich oczyszczeniu i odpowiednim przygotowaniu oznaczono:

- liczbę opadania wg Hagberga, (PN-ISO-3093),
- zawartość białka ogólnego wg Kjeldahla (%N·5,7; PN-75/A-04018),
- ilość glutenu mokrego, (PN-A-74043-2),
- wartość wskaźnika sedymentacji wg Zeleny'ego, (PN-ISO-5529),
- objętość chleba ze 100 g mąki, (PN-A-74108) (Sadkiewicz i in. 2004).

Uzyskane wyniki badań laboratoryjnych poddano analizie wariancji w modelu właściwym dla sposobu założenia doświadczenia w polu, a do oceny istotności różnic między średnimi obiektowymi stosowano wielokrotny test rozstępu Tukey'a z prawdopodobieństwem p = 0,05. Obliczenia wykonano z wykorzystaniem pakietu programów statystycznych Statistica.

Praca powstała z wykorzystaniem aparatury zakupionej w ramach projektu „Realizacja II. etapu RCI” współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Regionalnego w ramach Regionalnego Programu

Operacyjnego woj. kujawsko-pomorskiego na lata 2007-2013. Analizy chemiczne materiału roślinnego zostały wykonane w Laboratorium Oceny Jakości Ziarna Zbóż dla Przetwórstwa Spożywczego.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wartość liczby opadania wskazuje na aktywność α -amylazy w ziarnie, a jednocześnie pośrednio informuje o możliwości przechowywania uzyskanego surowca. Jeżeli ten wskaźnik jakościowy osiąga niskie wartości, to nie powinno przeznaczac się takiego ziarna do przemiału na mąkę i w dalszej kolejności do wypieku chleba. Jest wówczas zbyt wysoka aktywność α -amylazy a wykorzystanie takiej mąki do wypieku chleba skutkować może złą jakością uzyskanego produktu końcowego. Niska wartość liczby opadania informuje również, że w zebranych z pola ziarnie mogą przebiegać w dynamiczny sposób procesy życiowe (porastanie).

Doświadczenia prowadzone przez Ceglińską i in. (2006) oraz Tayyara (2014) z odmianami pszenżyta wskazują, że aktywność α -amylazy, określona liczbą opadania zawierała się w przedziałach odpowiednio: od 83 do 139 s oraz od 161 do 267 s. Wyniki własne kształtowały się w wyższych zakresach – 193 s (tab. 1). Różnice w wartościach omawianego wskaźnika jakościowego ziarna zbóż mogą być determinowane odmianą i warunkami meteorologicznymi w czasie wegetacji (Denčić i in. 2011, Kaszuba i in. 2024, Tayyar 2014, Warechowska 2004, Woźniak i Staniszewski 2007). Bulut i in. (2013), stosując nawozy naturalne w uprawie pszenicy stwierdzili, że przyczyniło się to do istotnego zwiększenia wartości liczby opadania. Podobne tendencje, potwierdzone poziomem statystycznej istotności, zauważono w omawianym badaniu (tab. 1). Zastosowanie obornika w dawce $30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ spowodowało wzrost omawianej cechy o 20% w stosunku do obiektu kontrolnego. Z kolei Knapowski i in. (2015) wskazują, że stosowane w uprawie zbóż substancje humusowe nie miały wpływu na omawiany parametr technologiczny.

Tabela 1. Średnie wartości cech technologicznych pszenżyta ozimego
Table 1. Values of technological characteristics of winter triticale

Nawożenie naturalne <i>Natural fertilisation</i>	Nawożenie mikroelementami <i>Microelement fertilisation</i>					średnia
	„0”	Cu	Zn	Mn	Cu+Zn+Mn	
Wartość liczby opadania - <i>Falling number</i> [s] *						
bez obornika - <i>without manure</i>	159	168	173	179	197	175b
obornik - <i>manure</i>	193	211	219	211	214	210a
średnia - <i>average</i>	176c	190b	196ab	195b	206a	193
Zawartość białka ogólnego - <i>Protein content</i> [g·kg⁻¹ s.m.] *						
bez obornika - <i>without manure</i>	112	114	117	117	116	115b
obornik - <i>manure</i>	116	122	123	121	120	120a
średnia - <i>average</i>	114c	118ab	120a	119a	118ab	118
Wydajność glutenu mokrego - <i>Wet gluten</i> [%] *						
bez obornika - <i>without manure</i>	19,0	19,7	19,8	19,6	19,3	19,5b
obornik - <i>manure</i>	21,0	23,7	25,0	24,1	24,3	23,6a
średnia - <i>average</i>	20,0d	21,7bc	22,4a	21,9ab	21,8ab	21,6
Wskaźnik sedymentacji mąki wg Zeleny'ego - <i>Sedimentation value acc. Zelen'y</i> [cm³] *						
bez obornika - <i>without manure</i>	24,9	25,3	25,5	25,3	25,2	25,2b
obornik - <i>manure</i>	26,6	27,5	28,5	27,7	28,0	27,7a
średnia - <i>average</i>	25,8c	26,4b	27,0a	26,5ab	26,6ab	26,5
Objętość pieczywa - <i>Bread volume</i> [cm³]						
bez obornika - <i>without manure</i>	406	430	440	430	417	425b
obornik - <i>manure</i>	426	453	475	452	448	451a
średnia - <i>average</i>	416d	442b	458a	441bc	433c	438

* - istotne współdziałanie czynników

* - essential interaction of factors

Odnotowano istotny wpływ dolistnej aplikacji mikroskładnikami na wartość liczby opadania (tab. 1). Najsilniejsze oddziaływanie na omawianą cechę stwierdzono po zastosowanie łącznej aplikacji badanych mikroelementów. Była ona wyższa o 17,1% w stosunku do kontroli. Należy zwrócić uwagę, że po zastosowaniu osobno każdego z mikroelementów w uprawie testowanego zboża uzyskano również istotnie wyższe wartości liczby opadania w porównaniu do obiektu bez nawożenia. Warechowska (2004) w 2. latach prowadzenia doświadczenia z pszenżytem także odnotowała wzrost wartości tego wskaźnika technologicznego w wyniku nawożenia dawką cynku na poziomie 0,2 kg·ha⁻¹. Natomiast aplikacja 0,4 kg Zn·ha⁻¹ skutkowała obniżeniem wartości tej cechy.

Kompleks białkowy ziarna zbóż charakteryzowany jest przez zawartość białka ogólnego, ilość glutenu mokrego i wskaźnik sedymentacji. Pszenżyto należy do zbóż charakteryzujących się stosunkowo dużą zawartością białka w ziarnie. Średnio stwierdzono, że wartość tej cechy w ziarnie wynosiła 118 g·kg⁻¹ s.m. (tab. 1). Wyższe zawartości, dochodzące nawet do 176 g·kg⁻¹

s.m., odnotowano w pracach innych autorów (Boros et al. 2013; Randhawa i in. 2015, Fraś i in. 2016, Kaszuba i in. 2021, Kaszuba i in. 2024).

Nawożenie obornikiem istotnie modyfikowało zawartość białka ogólnego w ziarnie pszenżyta ozimego (tab. 1). Zastosowanie dawki 30 t·ha⁻¹ skutkowało wzrostem wartości tego parametru o 4,4% w stosunku do obiektu bez obornika. Powyższą zależność potwierdzają badania Buluta i in. (2013), którzy stosowali różne nawozy organiczne, w tym obornik. Aplikacja substancji humusowych w uprawie zbóż determinowały istotnie wzrost zawartości białka ogólnego w ziarnie w stosunku do obiektu kontrolnego (Knapowski i in. 2015).

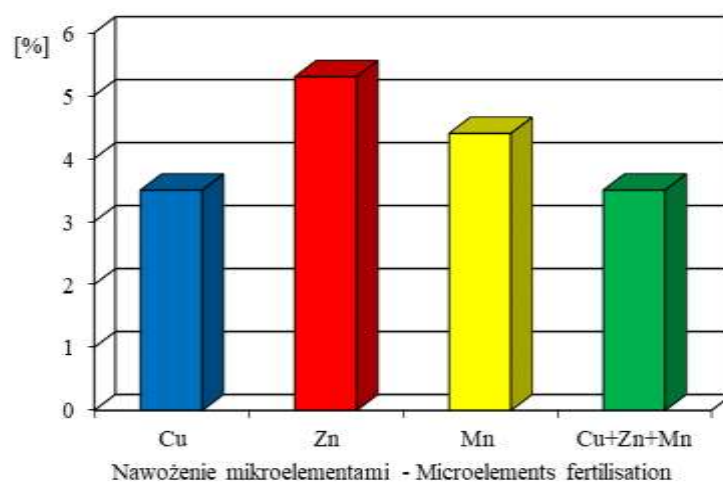
Warechowska (2004) oraz Knapowski i in. (2010) podają, że zróżnicowane nawożenie cynkiem w uprawie pszenżyta powodowało istotny wzrost zawartości białka w ziarnie pszenżyta. Takie same zależności, po aplikacji dolistnej nawozów z miedzią, cynkiem i manganem na plantacji pszenżyta, uzyskano w pracy Domskiej i in. (2009). W przeprowadzonym doświadczeniu osobne nawożenie Cu, Zn, Mn oraz ich łączne stosowanie skutkowało przyrostem wartości omawianego parametru (odpowiednio: 3,5; 5,3; 4,4 oraz 3,5%), w stosunku do obiektu kontrolnego (rys. 1).

W ziarniakach zbóż występuje gluten, substancja definiowana jako mieszanina roślinnych białek (gluteniny i gliadyny) i wody. Ma on ważny wpływ na produkt końcowy, jakim jest wypiek pieczywa (objętość, porowatość). Średnia ilość tego związku w ziarnie testowanego zboża kształtowała się na poziomie 21,6% (tab. 1) i była niższa w stosunku do wyników stwierdzonych w pracy Tayyara (2014). W badaniach innych autorów zauważono duże zróżnicowanie w wartości tego wskaźnika jakościowego (Domska i in. 2004, Warechowska 2004, Knapowski i in. 2009, Fraś 2022).

Podobnie jak w przypadku zawartości białka ogólnego, na ilość glutenu mokrego istotny wpływ wywierała aplikacja obornika. Jego wartość była o 4,1% wyższa w stosunku do obiektu kontrolnego.

Istotnie najwięcej glutenu mokrego (22,4%), niezależnie od stosowanego nawozu naturalnego, stwierdzono w ziarnie pszenżyta po aplikacji Zn (o 2,4% wyższą w porównaniu do kontroli). Należy również zwrócić uwagę, że na pozostałych obiektach, na których aplikowano mikroelementy, także osiągnięto istotnie wyższe wartości w stosunku do obiektu kontrolnego (w zakresie od 1,7 do 1,9%). Odmienne wyniki dotyczące wpływu aplikacji cynku na omawianą cechę uzyskała Warechowska (2004), w badaniach której największą koncentrację tego związku odnotowano na obiekcie kontrolnym, a zwiększanie poziomu nawożenia tym mikroelementem skutkowało zmniejszeniem ilości mokrego glutenu. Natomiast Knapowski i in. (2009) podają, że dolistna aplikacja

cynku, podobnie jak w badaniach własnych, korzystnie determinowała wartości tej cechy.



Rysunek 1. Średni wzrost zawartości białka ogólnego [%] w ziarnie pszenżyta ozimego w stosunku do obiektu kontrolnego w zależności od aplikacji mikroelementów

Figure 1. Average increase in total protein content [%] in winter triticale grain in relation to the control object depending on the application of microelements

Kolejnym wskaźnikiem weryfikujących kompleks białkowy ziarna i jednocześnie przydatność mąki do wypieku jest test sedymentacji. Wartość tej cechy będzie tym wyższa, im więcej będzie w mące białek glutenowych, zwłaszcza gluteniny. Wpływ na to mają zabiegi agrotechniczne, zwłaszcza nawożenie, i warunki meteorologiczne panujące w czasie wegetacji rośliny na polu (Knapowski i in. 2009, Murawska i in. 2014). W przeprowadzonych badaniach średnia wartość omawianego parametru technologicznego była stosunkowo niska i wynosiła 26,5 cm³ (tab. 1). W innych badaniach, prowadzonych przez Tohver i in. (2005), wartości sedymentacji odmian triticale były zróżnicowane od 10,5 do 21,0 cm³. Z kolei Ceglińska i in. (2006) informują, że jest to specyficzne dla mąk pszenżytnich ze względu na małą zawartość w nich gluteniny wysokocząsteczkowej.

Zauważono, że aplikacja obornika, mikroelementów oraz ich interakcja w uprawie pszenżyta ozimego odmiany 'Belcanto' w istotny sposób determinowały wartość wskaźnika sedymentacji mąki (tab. 1). Rozrzucenie na-

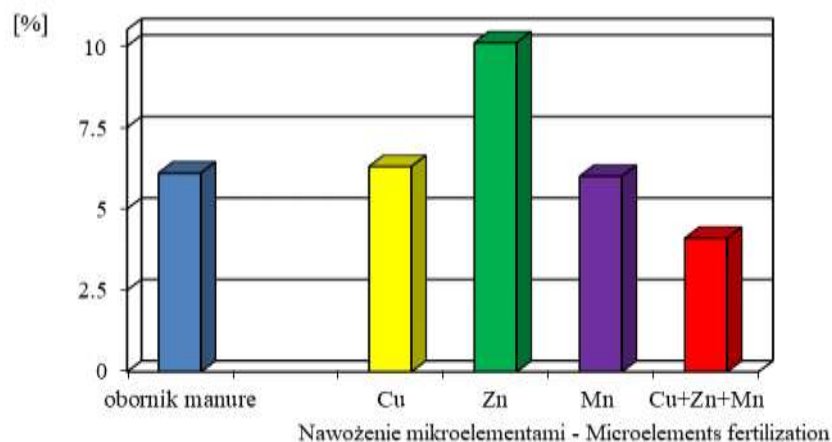
wozu naturalnego na plantacji w postaci obornika skutkowało prawie 10% wzrostem wartości testu sedymentacji w porównaniu do obiektu bez nawożenia. Również Bulut i in. (2013) stwierdzili, że stosowanie nawozów naturalnych ma pozytywny wpływ na wartość omawianego wskaźnika wypiekowego. Aplikując obornik w ilości $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ odnotowali wzrost wartości liczby sedymentacji o 16,1% w stosunku do obiektu bez obornika. Stosowanie innych nawozów organicznych w doświadczeniach polowych ze zbożami powodowało, w porównaniu z obiektem bez nawożenia, wzrost w zakresie od 10,2 do 12,8% (Bulut i in. 2013, Knapowski i in. 2015).

Doliste dokarmianie pszenżyta ozimego Cu, Zn, Mn oraz łącznie wymienionymi pierwiastkami było istotnie korzystne w stosunku do wskaźnika sedymentacji mąki. W porównaniu do kontroli wartości tej cechy jakościowej wzrosły w przedziale od 2,3 do 4,7%, przy czym najskuteczniejsza była aplikacja cynku (tab. 1). Stosowanie tego mikroelementu nie zawsze jest skuteczne w stosunku do tego parametru, o czym świadczą wyniki innych doświadczeń (Knapowski i in. 2009).

Wszystkie wyżej wymienione i opisane cechy mają bardzo ważny wpływ na bezpośredni wskaźnik wartości wypiekowej, jakim jest objętość pieczywa. W badaniach własnych, niezależnie od nawożenia obornikiem i aplikacji mikroelementów, wartość tej cechy dla pszenżyta ozimego odmiany 'Belcanto' wynosiła 438 cm^3 (tab. 1). Niższą o ponad 100 cm^3 objętość chleba pszenżytniego uzyskanego ze 100 g mąki, uzyskali Kaszuba i in. (2017). Z kolei wartości tej cechy w granicach od 357 do 471 cm^3 w zależności od odmiany, odnotowano w pracy Kaszuby i in. (2024).

Stwierdzono również, że zastosowany nawóz naturalny wpłynął na zwiększenie objętości chleba ze 100 g mąki, co potwierdzono poziomem statystycznej istotności. Przyrost ten, względem obiektu kontrolnego, wynosił 6,1% (rys. 2).

Istotny wpływ na objętość chleba uzyskanego ze 100 g mąki pszenżytniej miało również, w uprawie badanego zboża, stosowane nawożenie mikroelementami. Najlepszy efekt, podobnie jak w przypadku wcześniej omawianych cech technologicznych, uzyskano po aplikacji cynkiem, który zmienił korzystnie wartość omawianego parametru o 10,1% w porównaniu do analizowanej próby z obiektu bez nawożenia. Należy też zwrócić uwagę, że każde osobne lub łączne zastosowanie w oprysku mikroskładników (Cu, Mn oraz Cu+Zn+Mn) skutkowało wzrostem objętości pieczywa w stosunku do kontroli i wzrost ten mieścił się w granicach od 4,1% do 6,3% (rys. 2).



Rysunek 2. Średni wzrost objętości pieczywa ze 100 g mąki [%] pszenżytniej w stosunku do obiektu kontrolnego w zależności od nawożenia obornikiem i aplikacji mikroelementów

Figura 2. Average increase in the volume of bread made from 100 g of triticale flour [%] in relation to the control object depending on fertilization with manure and application of microelements

Należy także nadmienić, że w przeprowadzonym doświadczeniu polowym interakcja badanych czynników miała statystycznie udowodniony wpływ na cztery z pięciu badanych parametrów wypiekowych, tj. liczbę opadania, zawartość białka ogólnego, wydajność glutenu mokrego i wskaźnik sedymentacji (tab. 1). Najwyższe ich wartości odnotowano na obiektach, gdzie aplikowano nawóz naturalny (obornik) oraz stosowano oprysk cynkiem i osiągnęły one wartości odpowiednio: 218 s, 122 g·kg⁻¹ s.m., 25,0% i 28,5 cm³.

Reasumując warto zaznaczyć, że chleb wypieczony z mąki testowanego zboża nie osiągnął zadowalających wartości w stosunku do objętości. Prawdopodobnie jest to spowodowane zbyt niską wartością wskaźnika sedymentacji, świadczącego o jakości glutenu. Wskazuje to, że stosowanie wyłącznie mąki pszenżytniej do wypieku może nie dawać pożądanych efektów, zarówno dla piekarzy jak i konsumentów. Według Kaszuby i in. (2024), najczęściej kupowanym i konsumowanym w naszym kraju pieczywem jest chleb mieszany. Zatem dobrym rozwiązaniem i jednocześnie alternatywą, może być wykorzystanie mąki pszenżytniej do mieszanek z mąką pszenną w celu wypieku optymalnego objętościowo i dobrego jakościowo chleba, który zadowoli coraz bardziej świadomych konsumentów.

LITERATURA

1. Alsafran, M., Saleem, M.H., Rizwan, M. AlJabri, H., Usman, K., Fahad, S. (2023). An overview of heavy metals toxicity in plants, tolerance mechanism, and alleviation through lysine-chelation with micro-nutrients—A novel approach. *Plant Growth Regulation*, 100: 337–354. <https://doi.org/10.1007/s10725-022-00940-8>
2. Boros, D., Jabłonka, O., Myszka, K. (2013). *Triticale as a source of nutrients and bioactive components—study based on chemical characteristics of 29 varieties currently registered in Poland*. In: Abstract Book of the 8th International triticale Symposium, Ghent, Belgium, 10–14 June 2013, p 47.
3. Ceglińska, A., Cichy, H., Cacak-Pietrzak, G., Haber, T., Smuga, W. (2006). *Wykorzystanie pszenżyta jarego do produkcji pieczywa*. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis. Agricultura* 100: 39-44.
4. Dekić, V., Milivojević, J., Baranković, S. (2018). *The interaction of genotype and environment on yield and quality components in triticale*. *Biologica Nyssana*, 9: 45-53.
5. Domska, D., Wojtkowiak, K. (2004). *The effect of fertilization technique on triticale yield and grain quality*. Part. II. *Protein content and composition*. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 502: 51-59.
6. Fraś, A., Gołębiowska, K., Gołębiwski, D., Mańkowski, D.R., Boros, D., Szecówka, P. (2016). *Variability in the chemical composition of triticale grain, flour and bread*. *Journal of Cereal Science*, 71: 66-72. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.05.001>
7. Fraś, A. (2022). *Wpływ dodatku otrąb na wybrane właściwości reologiczne ciasta pszenżytniego oraz cechy pieczywa*. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 297/298, 39–44.
8. Grzyś, R. (2004). *The role and importance of micronutrients in plants nutrition*, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 502: 89, 2004.
9. Hegarty, J.M., Shchipak, G.V., Nichiporuk, Y.A., Shchipak, V.G., Relina, L.I., Dubcovsky, J. (2022). *Triticale grain: it's not just for animals anymore*. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 297: 38- .
10. Kandrov, R.K., Kusova, I.U., Kiryushin, V.A., Krivonos, I.N. (2023). *Processing of winter triticale grain into various flour according to the developed technological scheme*. *Вестник АПК Верхневолжья*, 3, 63: 70-77.
11. Kaszuba J., Pycia, K., Wiśniewski, R., Jaworska, G., Kuźniar, P. (2017). *Effect of selected oil-bearing plant seed contained in triticale bread on*

- its quality*. Food Science Technology Quality 24:90–102. <https://doi.org/10.15193/zntj/2017/113/213>
12. Kaszuba, J., Jaworska, G., Krochmal-Marczak, B., Kogut, B., Kuźniar, P. (2021). *Effect of bran addition on rheological properties of dough and quality of triticale bread*. Journal of Food Process Preservation 45(1): e15093. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15093>
 13. Kaszuba, J., Woś, H., Shchipak, G.V. (2024). *Bread making quality parameters of some Ukrainian and Polish triticale cultivars*. Euphytica, 220: 15. <https://doi.org/10.1007/s10681-023-03272-4>
 14. Knapowski, T., Ralcewicz, M., Barczak, B., Kozera, W. (2009). *Effect of nitrogen and zinc fertilizing on bread-making quality of spring triticale cultivated in Noteć Valley*. Polish Journal of Environmental Studies, 18, 2, 227-233.
 15. Knapowski, T., Kozera, W., Majcherczak, E., Barczak, B. (2010). Wpływ nawożenia azotem i cynkiem na skład chemiczny i plon białka ziarna pszenżyta jarego. Fragmenta Agronomica 27(4): 45-55.
 16. Knapowski, T., Szczepanek, M., Wilczewski, E., Pobereźny, J. (2015). *Response of wheat to seed dressing with humus and foliar potassium fertilization*. Journal of Agricultural Science and Technology, 17, 6, 1559-1569.
 17. McGoverin, C.M., Synders, F., Muller, N., Botes, W., Fox, G., Manley, M. (2011). *A review of triticale uses and the effect of growth environment on grain quality*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 91: 1155-1165.
 18. Mihaly-Lango, B., Erika, A., Purgel, S., Tomoskozi, S., Bona, L. (2022). *Resent results on food-use quality of Hungarian triticale genotypes: nutritional and technological aspects*. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, 297:36.
 19. Murawska, B., Spsychaj-Fabisiak, E., Keutgen, A., Wszelaczyńska, E., Pobereźny, J., (2014). Cechy technologiczne badanych odmian ziarna pszenicy ozimej uprawianych w warunkach Polski i Wielkiej Brytanii. Inżynieria i Aparatura Chemiczna, 53(2): 96-98.
 20. Mut, Z., Sezer, I., Gülümser, A. (2005). *Effect of different sowing rates and nitrogen levels on grain yield, yield components and some quality traits of triticale*. Asian Journal of Plant Science, 4 (5): 533.
 21. Rocznik Statystyczny Rolnictwa (red. Rozkrut D.) (2023). Główny Urząd Statystyczny, Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa 2023, ss 441.
 22. Sadkiewicz, K., Sadkiewicz, J., Sadkiewicz J. (2004). Bydgoska aparatura do badania zboża, mąki i pieczywa. Wydawnictwa Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej, Bydgoszcz.

23. Shchipak, G.V., Shchipak, V.G. (2022). *Hexaploid triticale breeding for adaptability, yield and quality*. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, 297: 24.
24. Tayyar, S. (2014). *Some chemical and technological properties of Turkish triticale (Triticosecale Wittm.) genotypes*. Romanian Biotechnological Letters, 19, 6: 9891-9898.
25. Tohver, M., Kann, A., That, R., Mihhalevski A., Hakman, R. (2005). *Quality of triticale cultivars suitable for growing and bread-making in northern conditions*. Food Chemistry, 89, 125: 132.
26. Warechowska, M. (2004). *Qualitative evaluation of spring triticale grain fertilized with different nitrogen and zinc doses*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 502: 411-417.
27. Wrigley C., Bushuk W. (2017). *Triticale: Grain-quality characteristics and management of quality requirements*. Cereal grains. Woodhead Publishing, ss 179–194. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100719-8.00008-5>
28. Yang, M., Li, Y., Liu Z., Tian J., Liang, L., Qiu, Y., Wang, G., Du, Q., Cheng, D., Cai, H., Shi, L., Xu, F., Lian, X. (2020). *A high activity zinc transporter OsZIP9 mediates zinc uptake in rice*. The Plant Journal 103: 1695–1709. <http://doi.org/10.1111/tpj.14855>

Autor do korespondencji: dr hab. inż. Tomasz Knapowski, prof. PBŚ
ORCID: 0000-0003-1466-8477
E-mail: knap@pbs.edu.pl

dr hab. inż. Wojciech Kozera, prof. PBŚ
ORCID 0000-0001-6780-1353

Politechnika Bydgoska, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii,
Katedra Biogeochemii i Gleboznawstwa
Ul. Seminaryjna 5, 85-326 Bydgoszcz
Tel: +48 603-100-008

Ladislav Ducsay
ORCID 0000-0003-0811-3803
Uniwerytet Rolniczy w Nitrze,
Instytut Nauk Agronomicznych,
Wydział Agrobiologii i Zasobów Żywnościowych,
Tr. A. Hlinku 2, 94976 Nitra, Słowacja

Otrzymano: 25.10.2023 r.
Zwrócono po recenzji: 27.12.2023 r.
Zaakceptowano: 29.12.2023 r.