

ANALIZA ZAWARTOŚCI SKŁADNIKÓW MINERALNYCH W ZIARNIE ORKISZU OZIMEGO (*TRITICUM AESTIVUM SSP SPELTA* L.) W ZALEŻNOŚCI OD SYSTEMU UPRAWY, NAWOŻENIA AZOTOWEGO I ODMIANY

Sławomir Stankowski¹, Grzegorz Hury¹, Artur Makrewicz²,
Grażyna Jurgiel-Małecka³, Marzena Gibczyńska³

¹ Katedra Agronomii Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Papieża Pawła VI 3, 71-459 Szczecin

² Katedra Agrotechnologii Wydział Przyrodniczy Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, ul. Bolesława Prusa 14, 08-110 Siedlce

³ Zakład Chemii Ogólnej i Ekologicznej Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin, e-mail: marzena.gibczynska@zut.edu.pl

STRESZCZENIE

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu dwóch systemów uprawy i dawek nawożenia azotem na zawartość składników mineralnych (azotu, fosforu, potasu, wapnia, magnezu, manganu) w ziarnie trzech odmian/rodów, ozimego orkisz pszennego (*Triticum aestivum ssp spelta* L.). Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2009–2011 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej w Lipniku (53°42'N, 14°97'S), należącej do Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Doświadczenie założono na glebie brunatnej wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego, o odczynie lekko kwaśnym – pH w 1 mol KCl – 6,5. Materiał do analizy stanowiło ziarno orkisz pszennego ozimego. W badaniach analizowano wpływ trzech czynników: dwie metody uprawy gleby: uproszczona i konwencjonalna (I. czynnik), cztery dawki azotu: 0, 50, 100 i 150 kg N·ha⁻¹ (II. czynnik) i 3 odmiany/rody: Franckenkorn, Oberkulmer Rotkorn, STH 12 (III. czynnik). Ziarno orkisz pszennego (*Triticum spelta* L.) uprawianego w systemie bezorkowym charakteryzowało się większą zawartością każdego z badanych pierwiastków analizowanych w doświadczeniu, jednakże istotne zróżnicowanie, dotyczyło tylko potasu i manganu. Wzrastające nawożenie azotowe spowodowało istotne, proporcjonalne do dawki, zwiększenie zawartości azotu oraz obniżenie potasu i magnezu i nie miało wpływu na zawartość fosforu, wapnia i magnezu w ziarnie badanych roślin. Ilość składników mineralnych (azotu, fosforu, potasu, wapnia, magnezu, manganu) w ziarnie orkisz zależała od odmiany. Najwyższą zasobnością badanych pierwiastków, charakteryzowało się ziarno odmiany Franckenkorn a najniższą rodu STH 12.

Słowa kluczowe: orkisz pszeny, systemy uprawy, nawożenie azotowe, odmiany

ANALYSIS OF THE CONTENT OF MINERAL COMPONENTS IN GRAIN OF WINTER SPELT (*TRITICUM AESTIVUM SSP SPELLED* L.) DEPENDING ON: TILLAGE SYSTEM, FERTILIZATION NITROGEN AND VARIETY

ABSTRACT

The aim of the study was the assessment of the influence of two cultivation systems and doses of nitrogen fertilization on the content of mineral elements (nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and manganese) in grain of three varieties of winter spelt (*Triticum aestivum ssp spelta* L.). The field experiment was conducted in the period 2009–2011 in the Agricultural Experimental Station in Lipnik (53°42'N, 14°97'S), administered by West Pomeranian University of Technology in Szczecin. The experiment was set up on brown earth composed of loamy sands of slightly acidic pH – 6.5 in 1 mol KCl. The material for the analysis was the grain of winter spelt. Three factors were compared in the analysis: two methods of soil cultivation – simplified and conventional – (I factor), four doses of nitrogen: 0, 50, 100 and 150 kg N·ha⁻¹ (II factor) and three varieties: Franckenkorn, Oberkulmer Rotkorn, STH 12 (III factor). The grain of spelt (*Triticum spelta* L.) cultivated according to the simplified system was marked by increased content of mineral elements, yet it varied significantly only for two the elements: potas-

sium and manganese. Depending on the analyzed element, the effect of nitrogen fertilization varied. The increase in the dose resulted in a significant linear increase in nitrogen content in spelt grain, and a proportional decrease in potassium and magnesium content with no differences in the content of phosphorus, calcium and manganese. The content of mineral elements (nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, manganese) in spelt grain varied according to a given variety. The highest content of the analyzed elements was found in grain of Franckenkorn variety, and the lowest in STH12.

Keywords: winter spelt, tillage system, fertilization nitrogen, variety

WSTĘP

Orkisz pszenny (*Triticum aestivum* ssp *spelta* L.), zwyczajowo nazwany orkiszem, jest gatunkiem zboża należącym do rodziny wiechlinowatych. Jest on jednym z najstarszych podgatunków pszenicy. Orkisz (pszenica ozima) był gatunkiem zboża popularnym w średniowieczu. Orkisz nie poddaje się modyfikacjom genetycznym, co pozwoliło mu przetrwać w niezmienionej formie. W Europie orkisz był przez wieki dominującym zbożem uprawianym w rejonach o chłodnym klimacie: w Skandynawii, w górskich rejonach Niemiec, Szwajcarii i w Polsce. W prawodawstwie zarówno Unii Europejskiej jak i polskim pszenica orkisz jest traktowana jako odrębny gatunek (*Triticum spelta* L.). Pszenica orkisz cieszy się coraz większym zainteresowaniem, ze względu na możliwość uprawy tej rośliny w warunkach ekstenywnych, szczególnie w gospodarstwach ekologicznych. Doceniane są również jego walory żywieniowe [Tyburski i Babalski 2006]. Uważa się, że orkisz i jego przetwory mają korzystniejsze właściwości odżywcze niż pszenica zwyczajna. Orkisz jest odporny na niektóre choroby zbóż i nie wymaga stosowania fungicydów. Najwięcej odmian tego gatunku pochodzi z Niemiec i Szwajcarii. Najstarsze odmiany niemieckie zarejestrowane zostały przed rokiem 1904, a odmiana Franckenkorn w roku 1995. Z badań Tyburskiego i Babalskiego [2006] wynika iż w Polsce w rejonach nizinnych, odmiana ta plonuje najlepiej. Oberkulmer Rotkorn jest odmianą szwajcarską zarejestrowaną wcześniej (rok 1948). W marcu 2012 roku do krajowego rejestru została wpisana pierwsza polska odmiana orkiszu ozimego Rokosz (nazwa hodowlana STH 4809) uzyskana w Hodowli Roślin Strzelce Sp. z o.o. – Grupa IHAR. Rośliny, tej odmiany są bardzo wysokie, o małej do bardzo małej odporności na wyleganie.

Jakość ziarna zbóż zależy od wielu czynników takich jak: warunki glebowo klimatyczne, stosowana agrotechnika, nawożenie czy właściwości odmiany. Wysokie zużycie energii konwencjonalnej uprawy i jej negatywny wpływ na

środowisko naturalne skłoniły do poszukiwania alternatywnych rozwiązań w zakresie systemów uprawy [Morris 2010]. W literaturze przedmiotu znajdujemy szereg opinii pozytywnych jak i negatywnych rozwiązań ograniczających mechaniczną ingerencję w glebie, [Debaeke 1996; Gibczyńska 2002; De Vita 2007; Woźniak i Goncarz 2011; Biskupski 2014; Peigne 2014]. Najbardziej popularna staje się uprawa uproszczona (bezorkowa), w której następuje inkorporacja resztek roślinnych w powierzchniowej warstwie, a ich część pozostaje na powierzchni gleby.

Nawożenie azotem jest czynnikiem w największym stopniu wpływającym na jakość ziarna zbóż [Cacak-Pietrzak i in. 1999; Podolska i in. 2011]. Jednak w dostępnej literaturze nie znajdujemy jednoznacznych wyników określających wpływ nawożenia azotowego na zawartość składników mineralnych w ziarnie orkiszu pszenego. Plonotwórcze działanie azotu związane jest z intensywnością syntezy chlorofilu, procesów fotosyntezy i zwiększeniem produkcji białka co bezpośrednio ma wpływ na pobierania azotu. Siebeneiher [1997] podkreśla, że orkisz w porównaniu z pszenicą zwyczajną lepiej wykorzystuje wszystkie składniki mineralne i ma mniejsze zapotrzebowanie na azot. Według Budzyńskiego [2012], w przypadku uprawy orkiszu odmian Schwabenkorn i Badengold dawki większe niż 60 kg N·ha⁻¹ nie powodowały wzrostu plonu ziarna, tak więc stosowanie ich było nieuzasadnione. Natomiast wyższe dawki azotu były plonotwórcze przy uprawie nowych odmian orkiszu w Hodowli Roślin Strzelce u których istotny przyrost plonu obserwowano w miarę wzrostu nawożenia aż do dawki 120 kg N·ha⁻¹. Rachoń i in. [2013] badając wpływ intensywności technologii produkcji na jakość ziarna pszenicy zwyczajnej, twardej, orkiszu i jednoziarnistej stwierdzili, że intensyfikacja agrotechniki polegająca na zastosowaniu większych dawek azotu i kompleksowej ochrony zwiększyła zawartość białka w ziarnie pszenicy. Natomiast Nowak i in. [2004] uzyskali wyniki świadczące, że wysokie dawki azotu w przypadku

niektórych odmian pszenicy wpływają korzystnie na cechy jakościowe, zaś u innych pogarszają jakość ziarna.

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu dwóch systemów uprawy i czterech dawek nawożenia azotem na zawartość składników mineralnych (azotu, fosforu, potasu, wapnia, magnezu, manganu) w ziarnie trzech odmian ozimego orkisz pszennego (*Triticum aestivum* ssp *spelta* L.)

METODY BADAŃ

Warunki doświadczenia. Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2009–2011 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej w Lipniku (53°42'N, 14°97'S), należącej do Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Doświadczenie założono metodą losowych podbloków w trzech powtórzeniach, na glebie brunatnej wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego, o odczynie lekko kwaśnym – pH w 1 mol KCl – 6,5 i zawartości części spławialnych 11–13%. Miąższość poziomu próchnicznego była w granicach 14–25 cm, a zawartość próchnicy 1,3–1,5%. Zawartość w glebie przyswajalnych form fosforu i potasu była w zakresie średnich wartości wynosząc odpowiednio 58 mg P·kg⁻¹ i 103,8 mg K·kg⁻¹ gleby. Materiał do analizy stanowiło ziarno orkisz pszennego ozimego. W badaniach porównywano trzy czynniki: dwie metody uprawy gleby: ekologiczna (uproszczona) i konwencjonalna (I. czynnik), cztery dawki azotu: 0, 50, 100 i 150 kg N·ha⁻¹ (II. czynnik) i 3 odmiany/rody: Franckenkorn, Oberkulmer Rotkorn, STH 12 (III. czynnik).

W każdym roku badań jako przedplon uprawiano owies. Po zbiorze przedplonu zastosowano nawożenie superfosfatem pojedynczym w dawce 100 kg P·ha⁻¹, solą potasową 60% w dawce 150 kg K·ha⁻¹ i Kizerytem (25 kg Ca·ha⁻¹ 124 kg Mg·ha⁻¹). Nawożenie azotem w postaci saletry amonowej 34% zastosowano w pierwszej dawce 50 kg·ha⁻¹ przy ruszeniu wegetacji (17–19 marzec), drugą dawkę azotu w okresie strzelania w źdźbło (21–24 kwiecień), trzecią dawkę azotu w czasie kłoszenia (17–21 maj). Przed siewem, w zależności od systemu uprawy, wykonano: orkę siewną z wałem Cambella na systemie płuznym oraz broną talerzową z wałem strunowym w systemie uproszczonym. Siewu przeprowadzono 24–25 września, siewnikiem z systemem

wysiewającym Øyorda. Ziarna zbierano w pełnej fazie dojrzałości kombajnem poletkowym firmy Wintersteiger.

Warunki meteorologiczne. Średnia temperatura rejestrowana w okresie wzrostu roślin w roku 2009 była znacznie wyższa, a w latach 2010 i 2011 była zbliżona do średniej z okresu 1980–2009. Łączna suma opadów w czasie wegetacji w 2009 roku była wyższa o 11% w stosunku do opadów z 30-lecia. Pierwsze dwa miesiące okresu wegetacyjnego w roku 2010 należy ocenić jako suche, następne jako bardzo suche oraz pozostałe dwa jako średnie. W 2011 roku ilość opadów była niższa od odnotowanej w okresie wieloletnim – okres wegetacji należy sklasyfikować jako bardzo suchy (69,7% wartości średniej).

Metody analiz chemicznych. Ziarno ozimego orkisz pszennego poddano analizie, oznaczając ogólną zawartość: azotu, fosforu, potasu, wapnia, magnezu i manganu. Azot oznaczono w roztworach po mineralizacji ziarna w kwasie siarkowym(VI) z H₂O₂ – metoda Kjeldahla. Ogólną zawartość potasu, wapnia, magnezu i manganu określono w ziarnie z użyciem aparatury spektrometru absorpcyjnego atomowego (Thermo Fisher Scientific ICE 3000 Series), po mineralizacji ziarna orkisz w mieszaninie kwasów azotowego(V) i chlorowego(VII) w proporcji 1:1. Fosfor oznaczono kolorymetrycznie z zastosowaniem molibdenianu amonu, przy długości fali 470 nm (PN -76 / R-64781, 1976).

Analiza statystyczna. Uzyskane wyniki z kolejnych trzech lat badań poddane zostały trójczynnikowej analizie wariancji. Półprzedziały ufności obliczono przy pomocy testu Tukey'a na poziomie istotności $\alpha=0,05$. Analizę statystyczną wyników przeprowadzono za pomocą programu Statistica 10.0.

WYNIKI I Dyskusja

Ziarno orkisz uprawianego w doświadczeniu charakteryzowało się średnią zawartością azotu wynoszącą 24,4 g·kg⁻¹ p.s.m. (tab. 1, 2, 3). W porównaniu z pszenicą orkisz charakteryzuje się mniejszym zapotrzebowaniem na azot. Na stanowiskach bogatych w azot łatwo wylega i daje mniejszy plon [Ceglińska i Cacak-Pietrzak 1999]. Przykładowo Budzyński [2012] podaje, że średnia ilość azotu w ziarnie pszenicy zwyczajnej wynosi 2,17%. Tyburski i Babalski [2006] podają, że w badaniach prowadzonych w Polsce śred-

nia zawartość białka, a tym samym azotu u ozimych i jarych form pszenicy orkisz była wyższa o 30–47% w porównaniu do pszenicy zwyczajnej. Autorzy tłumaczą, że wysoka zawartość białka, w orkisz – rzędu 13–17% jest wynikiem dużego udziału warstwy aleuronowej ziarniaków. Porównywane w doświadczeniu systemy uprawy nie miały wpływu na zasobność ziaren orkiszu w stosunku do azotu (tab. 1).

Wzrastające nawożenie azotem spowodowało liniowy istotny wzrost zawartości azotu w ziarnie orkiszu do poziomu 27,2 g·kg⁻¹ p.s.m. (tab. 2). Wniosek powyższy znajduje potwierdzenie w wynikach badań wielu autorów [Lehmann i Wysocaka 1989; Schober i in. 2002; Ranhotra 1996; Ralcewicz i Knapowski 2006; Krawczyk i in. 2008].

Budzyński [2012] uważa, że w integrowanej, wysokowydajnej technologii produkcji pszenicy zwyczajnej i orkisz zawartość makroskładników w ziarnie jest raczej cechą gatunkową. Jednakże z porównania zawartości azotu w ziarnie uprawianych odmian wynika różnicowanie, potwierdzone w obliczeniach statystycznych. Najbardziej zasobne w ten pierwiastek było ziarno odmiany Franckernkorn (27,0 g N·kg⁻¹ p.s.m.) (tab. 3). Ziarno orkiszu rodu STH 12 zawierało tylko 21,9 g N·kg⁻¹ p.s.m. czyli mniej niż wartość przeciętna (22,3 g·kg⁻¹ p.s.m.) jaką podaje Budzyński [2012].

Prawidłowe odżywianie fosforem jest warunkiem efektywnej gospodarki wodnej roślin. Według Grela i in. [1993] ziarna orkiszu pszen-

Tabela 1. Wpływ systemu uprawy na zawartości pierwiastków w ziarnie orkiszu pszenego ozimego
Table 1. Effect of tillage system on elements content in winter spelt wheat grain

System uprawy	Pierwiastki					
	Azot	Fosfor	Potas	Magnez	Wapń	Mangan
	[g · kg ⁻¹ p.s.m.]			[mg · kg ⁻¹ p.s.m.]		
Bezorkowy	25,1	4,36	4,21	1070	242	19,20
Konwencjonalny	23,7	4,06	4,10	1050	231	18,28
Średnia	24,4	4,22	4,15	1060	237	18,74
NIR _{0,05}	n.i.	n.i.	0,072	n.i.	n.i.	0,840

Tabela 2. Wpływ nawożenia azotem na zawartości pierwiastków w ziarnie orkiszu pszenego ozimego
Table 2. The influence of nitrogen fertilization on the content of elements in the grain of winter spelt

Nawożenie [kg N·ha ⁻¹]	Pierwiastki					
	Azot	Fosfor	Potas	Magnez	Wapń	Mangan
	[g · kg ⁻¹ p.s.m.]			[mg · kg ⁻¹ p.s.m.]		
0	22,1	4,47	4,32	1120	240	18,88
50	22,9	4,45	4,20	1020	237	19,81
100	25,5	4,18	4,12	1060	242	18,25
150	27,2	3,76	3,99	1040	227	18,03
Średnia	24,4	4,22	4,15	1060	237	18,74
NIR _{0,05}	1,20	n.i.	0,143	76	n.i.	n.i.

Tabela 3. Wpływ odmiany i rodu na zawartości pierwiastków w ziarnie orkiszu pszenego
Table 3. The influence of cultivars and strain on the content of elements in the grain of winter spelt

Odmiana/ród	Pierwiastki					
	Azot	Fosfor	Potas	Magnez	Wapń	Mangan
	[g · kg ⁻¹ p.s.m.]			[mg · kg ⁻¹ p.s.m.]		
Franckernkorn	27,0	4,33	4,05	1100	229	19,03
Oberkulmer Rotkorn	24,3	4,49	4,37	1090	239	19,40
STH 12	21,9	3,82	4,05	980	242	17,80
Średnia	24,4	4,22	4,15	1060	237	18,74
NIR _{0,055}	1,08	n.i.	0,110	59	n.i.	1,290

nego charakteryzują się wyższą zawartością fosforu 4,2–4,4 g N·kg⁻¹ p.s.m. Ziarno orkiszu uprawianego w doświadczeniu średnio zawierało 4,22 g P·kg⁻¹ p.s.m. Analizowane wyniki, nie wykazały żadnego znaczącego wpływu badanych czynników na zmiany poziomu fosforu w ziarnie orkiszu pszennego. (tab. 1, 2, 3). Zgodne jest to ze stwierdzeniem Ceglińskiej i Cacak-Pietrzak [1999], że zawartość fosforu w ziarnie jest czynnikiem genetycznym.

Sawicka i Krochmal-Marczak [2014] polecając pszenicę orkiszową jako alternatywę dla gospodarstw ekologicznych podają, że ziarno pszenicy orkisz zawiera o 11,8% więcej potasu niż pszenica zwyczajna. Ziarno orkiszu uprawianego w doświadczeniu średnio zawierało 4,15 g K·kg⁻¹ p.s.m. Bezorkowy system uprawy wpłynął na zwiększenie ilości potasu w ziarnie. Natomiast wzrastające nawożenie azotem spowodowało istotne, proporcjonalne do dawki, obniżenie zawartości potasu w ziarnie orkiszu do poziomu 3,99 g·kg⁻¹ p.s.m. (tab. 2). Powyższa zależność znajduje szerokie udokumentowanie w literaturze przedmiotu [Tyburski i Babalski 2006; Woźniak i Gontarz 2011; Budzyński 2012; Woźniak i Makarski 2012]. Z porównania odmian/rodów najbardziej zasobne w potas było ziarno odmiany Oberkulmer Rotkorn (4,37 g K·kg⁻¹ p.s.m.).

Średnia zawartość magnezu w ziarnie orkiszu wynosiła 1060 mg Mg·kg⁻¹ p.s.m. i kształtowała się na poziomie jakim charakteryzuje się ziarno pszenicy [Budzyński 2012; Woźniak i Makarski 2012]. Porównywane systemy uprawy nie miały wpływu na zasobność ziaren orkiszu w magnez (tab. 1). Ziarno orkiszu z obiektów nawożonych azotem charakteryzowało się niższą zawartością magnezu w porównaniu do ziarnia z obiektu kontrolnego (tab. 2). Odnotowano zróżnicowanie ilości magnezu w ziarnie orkiszu w zależności od odmiany/rodu, ziarno orkiszu rodu STH 12 zawierało tylko 980 mg Mg·kg⁻¹ p.s.m. Wszystkie trzy czynniki badane w doświadczeniu nie miały istotnego wpływu, na zawartość zawartość wapnia w ziarnie orkiszu, która utrzymywała się na średnim poziomie 237 mg Ca·kg⁻¹ p.s.m. Pomimo, że magnez i wapń należą do tej samej grupy układu okresowego i ulegają takim samym reakcjom chemicznym, ziarno orkiszu zawierało czterokrotnie więcej magnezu, a rośliny inaczej reagowały na czynniki badane w doświadczeniu (tab. 1, 2, 3).

Mangan uważany jest za jeden z ważniejszych katalizatorów w procesie fotosyntezy,

w roślinach typu C₃, do których należą wszystkie zboża. Ogólnie ilość manganu w ziarnie zbóż w Polsce zawiera się w zakresie 10–45 mg·kg⁻¹ p.s.m. [Kabata-Pendias 2011]. Średnia zawartość manganu w ziarnie orkiszu badanych odmian wynosiła 18,74 mg Mn·kg⁻¹ p.s.m. Porównując zawartości manganu, ziarno orkiszu uprawianego w systemie bezorkowym zawierało o 5% więcej tego pierwiastka (tab. 1). Nawożenia azotem nie różnicowało istotnie ilości manganu w ziarnie orkiszu pszennego (tab. 2). Największą ilość manganu na poziomie 19,03 mg Mn·kg⁻¹ p.s.m. oznaczono w ziarnie odmiany Franckernkorn a najniższą dla rodu STH 12 (tab. 3). Otrzymane wyniki badań stanowią potwierdzenie tezy, że zawartość manganu w ziarnie orkiszu różnicuje czynnik odmianowy. Ziarno orkiszu pszennego STH 12 charakteryzowało się najniższą zasobnością wszystkich pierwiastków badanych w doświadczeniu.

WNIOSKI

1. Ziarno orkiszu pszennego uprawianego w systemie bezorkowym charakteryzowało się większą zawartością każdego z badanych pierwiastków analizowanych w doświadczeniu, jednakże istotne zróżnicowanie, dotyczyło tylko potasu i manganu.
2. Wzrastające nawożenie azotowe spowodowało istotne, proporcjonalne do dawki, zwiększenie zawartości azotu oraz obniżenie potasu i magnezu i nie miało wpływu na zawartość fosforu, wapnia i magnezu w ziarnie badanych roślin.
3. Ilość składników mineralnych (azotu, fosforu, potasu, wapnia, magnezu, manganu) w ziarnie orkiszu zależała od odmiany. Najwyższą zasobnością badanych pierwiastków, charakteryzowało się ziarno odmiany Franckernkorn a najniższą rodu STH 12.

LITERATURA

1. Biskupski A., Sekutowski T.R., Włodek S., Smagacz J., Owsiak Z., 2014. Wpływ międzyplonów oraz różnych technologii uprawy roli na plonowanie kukurydzy. *Inżynieria Ekologiczna*, 38, 7–16.
2. Budzyński W. (red.) 2012. Pszenice – zwyczajna, orkisz, twarda. Uprawa i zastosowanie. PWRiL, Poznań 2012, ss 328.
3. Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T., 1999.

- Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy ozimej w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotowego. Pamiętnik Puławski, 118, 45–56.
4. Ceglińska A., Cacak-Pietrzak G., 1999. Mity a nauka: magiczne właściwości dzikich zbóż św. Hildegardy : orkisz, szarłat, komosa ryżowa. Wyd. Atla 2, ss. 170.
 5. Debaeke, Ph., Aussenac, Th., Fabre, J.L., Hilaire, A., Pujol, B., Thuries, L., 1996. Grain nitrogen content of winter bread wheat (*Triticum aestivum* L.) as related to crop management and to the previous crop. *European Journal of Agronomy*, 5, 273–286.
 6. De Vita P., Di Paolo E., Fecondo G., Di Fonzo N., Pisante, M., 2007. No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality, and soil moisture content in Southern Italy. *Soil & Tillage Research*, 92, 69–78.
 7. Gibczyńska M., Bural G., Mocarski N., 2002. Ocena zawartości kationów wymiennych w glebie z gospodarstw ekologicznego i konwencjonalnego. *Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinsensis, Agricultura*, 226(90), 43–50.
 8. Grela E., Matraz J., Kling C.J., 1993. Składniki pokarmowe w ziarnie orkiszu [*Triticum spelta* L.] *Biuletyn Informacyjny Przemysłu Paszowego*, 32(4), 35–43.
 9. Kabata-Pendias A., 2011. Trace elements in soil and plants. CRC Press, Taylor & Francis (ed), 4, ss. 505.
 10. Krawczyk P., Ceglińska A., Kardialik J., 1008. Porównanie wartości technologicznej ziarna orkiszu z pszenicą zwyczajną, *ŻYWNOŚĆ. Nauka. Technologia. Jakość*, 5(60), 43–51.
 11. Lehmann K., Wysocka G., 1989. Zawartość składników mineralnych w ziarnie odmian Pszenicy ozimej uprawianych w warunkach intensywnej produkcji regionu wielkopolskiego, *Roczniki Gleboznawcze*, 40(1), 279–287.
 12. Morris, N.L., Miller, P.C.H., Orson, J.H., Froud Williams, R.J., 2010. The adoption of noninversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment – A review. *Soil & Tillage Research*, 108, 1–15.
 13. Nowak W., Zbroszczyk T., Kotowicz L., 2004. Wpływ intensywności uprawy na niektóre cechy jakościowe ziarna odmian pszenic. *Pamiętnik Puławski*, 135, 199–212.
 14. Peigne J., 2014. Wheat yield and quality as influenced by reduced tillage in organic farming, *Organic Agriculture*, 4 (1), 1–13.
 15. PN -76/R-64781. 1976. Pasze sypkie. – Oznaczenie fosforu.
 16. Podolska G., Boguszevska E., Mikos M., Antoniak M., 2011. Wartość technologiczna ziarna i mąki *Triticum spelta*, *Triticum durum* i *Triticum aestivum* w zależności od dawki azotu i niedoboru wody w glebie. *Ogólnopolska Konferencja pt.: Hodowla, uprawa i wykorzystanie pszenicy orkisz (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) w warunkach zmian klimatu*. Puławy, 28–29.06., 31–33.
 17. Rachoń L., Szumiło G., Kurzydłowska I., 2013. Wpływ intensywności technologii produkcji na jakość ziarna pszenicy zwyczajnej, twardej, orkiszu i jednoziarnistej. *Annales UMCS, sec. E, Agricultura* 68(2), 60–68
 18. Ralcewicz M., Knapowski T., 2006. The effect of some agrotechnical factors on grain yield and amino acid composition of protein of oat. *Biuletyn IHAR*, 239, 193–204.
 19. Ranhotra G.S., Gelroth J.A., Glaser B.K., Lorenz K.J., 1996. Nutrient composition of spelt wheat, *Journal of Food Composition and Analysis* . 9 81–84
 20. Sawicka B., Krochmal-Marczak B., 2014. Pszenica orkiszowa (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) jako alternatywa dla gospodarstw ekologicznych. w: *Współczesne dylematy polskiego rolnictwa*. 2(1), Wyd. PWS JPPII, Biała Podlaska, 344–357.
 21. Schober T.J., Clarke Ch.I., Kuhn M., 2002. Characterization of functional properties of gluten proteins in spelt cultivars using rheological and quality factor measurements. *Cereal Chemistry* 79, 408–417.
 22. Siebeneiher G.E., 1997. *Podręcznik Rolnictwa Ekologicznego*. Wyd. Nauk. PWN. ss. 550.
 23. Tyburski J., Babalski M., 2006. Uprawa pszenicy orkisz poradnik dla rolników. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie Oddział w Radomiu. Radom , 1–25.
 24. Woźniak A., Gontarz, D., 2011. Evaluation of selected quality features of grain of durum wheat cv. Floradur depending on tillage and nitrogen fertilization. *Acta Agrophysica*, 18(2), 481–489.
 25. Woźniak A., Makarski B., 2012. Content of minerals in grain of spring wheat cv. Kokska depending on cultivation conditions. *Journal of. Elementology*. 17(3), 517–523.