

Andrzej WOŹNIAK, Mirosława SOROKA

WPLYW WARUNKÓW AGROEKOLOGICZNYCH NA JAKOŚĆ I SKŁAD CHEMICZNY ZIARNA ZBÓŻ

Omówiono wpływ warunków agroekologicznych na jakość i skład chemiczny ziarna zbóż. Wykazano, że cechy te zależą od współdziałania genotypu, warunków agroekologicznych i zabiegów agrotechnicznych. Z czynników agroekologicznych najważniejszą rolę przypisuje się warunkom glebowym i opadowo-termicznym, natomiast z czynników agrotechnicznych nawożeniu azotem, systemowi następstwa roślin w płodozmianie oraz chemicznej ochronie roślin. Sucha i słoneczna pogoda w okresie wegetacji sprzyjała gromadzeniu białka i glutenu w ziarnie pszenicy, natomiast chłodna i wilgotna większej gęstości i lepszemu wyrównaniu ziarna. Nawożenie azotem zwiększało zawartość białka i glutenu w ziarnie, ale wysokie dawki azotu obniżały jego jakość. Bezplużna uprawa roli zmniejszała w ziarnie zbóż zawartość fosforu (P), potasu (K), wapnia (Ca), żelaza (Fe) i miedzi (Cu), w stosunku do uprawy plużnej. Ziarno pszenicy zebrane z płodozmiannu zawierało więcej fosforu (P), wapnia (Ca), żelaza (Fe) i cynku (Zn) niż pochodzące z monokultury.

Słowa kluczowe: *pszenica, jakość ziarna, białko, gluten, gleba*

Skład chemiczny i jakość ziarna zbóż zależą od współdziałania genotypu, warunków siedliska i zastosowanej agrotechniki. Oznacza to, że wiele cech ziarna zależy od wyselekcjonowanych zespołów genów, a także warunków glebowych i hydrotermicznych, systemów nawożenia, ochrony roślin, sposobów uprawy roli oraz następstwa roślin w płodozmianie. Ocenia się, że genotyp wpływa na jakość i skład ziarna w 30%, co równocześnie świadczy o dużym znaczeniu odpowiedniego doboru roślin do warunków agroekologicznych, a także poziomu agrotechniki. Warunki agroekologiczne to wszystkie czynniki siedliska i elementy agrotechniki współdziałające ze sobą. Zatem zadaniem człowieka jest właściwy dobór elementów agrotechniki do warunków glebowych i pogodowych występujących w danym miejscu. Ponieważ w skali makro nie ma dwóch obszarów o takich samych warunkach siedliska, dlatego system produkcji uznany za najlepszy w danym rejonie często nie sprawdza się w innych warunkach.

Z oceny jakości i składu chemicznego ziarna przedstawiono najważniejsze wyróżniki, a mianowicie: zawartość białka ogółem, glutenu mokrego i skrobi, wartość wskaźnika sedymentacji, gęstość ziarna w stanie zsypanym, wyrównanie, szklistość, zawartość popiołu oraz jego skład chemiczny (makro- i mikroelementy), a także zawartość fitynianów i włókna surowego. Z

czynników agroekologicznych najważniejsze to jakość i żyzność gleby, warunki termiczne oraz rozkład i sumy opadów atmosferycznych, natomiast z elementów agrotechniki nawożenie mineralne, dobór odmian, systemy uprawy roli, następstwo roślin w płodozmianie i ochrona roślin.

Uzyskanie wysokiego plonu ziarna zbóż, w obecnych warunkach nie stanowi dużego problemu, zwłaszcza na glebach będących w wysokiej kulturze rolnej. Niestety, wraz ze wzrostem intensyfikacji produkcji rolniczej problemem jest postępująca degradacja gleby, w dużym stopniu wynikająca ze specjalizacji produkcji rolniczej, zmniejszaniu się powierzchni obsiewanych roślinami strukturotwórczymi (*Trifolium pratense* L., *Medicago media* Pers.), ograniczonego stosowania nawozów naturalnych oraz ujemnego bilansu składników pokarmowych. Niebagatelną rolę odgrywa również dominujący w tej części Europy płużny system uprawy roli, przyspieszający erozję gleby.

Warunki glebowe. Wpływają na jakość i skład chemiczny ziarna zbóż. Z literatury przedmiotu (Artyszak, 2006; Dmowski, 1995) wynika, że pszenica uprawiana na słabych glebach charakteryzuje się ziarnem gorszej jakości niż zebrana na glebach dobrych. Dotyczy to głównie gęstości ziarna w stanie zsypanym, dorodności (masy 1000 ziaren), celności i wyrównania. Na glebach słabych pszenica ma ograniczone możliwości pobierania składników pokarmowych, co w efekcie powoduje gorsze wypełnienie bielma i mniejszą dorodność ziarna (tab. 1). Natomiast gęstość ziarna pszenicy jest większa na glebach bardzo dobrych i dobrych niż słabych. Podobnie wyrównanie ziarna (masa ziarna pozostająca na sitach o średnicy oczek 2,5 mm do całkowitej masy ziarna) jest znacznie większe na glebach dobrych niż słabych. Także zawartość popiołu całkowitego w ziarnie zebranym na glebach lekkich jest z reguły większa niż na glebach dobrych. Optymalna dla przemysłu młynarskiego zawartość popiołu w ziarnie wynosi 1,65–1,80%, ale w ziarnie pszenicy rosnącej na glebie słabej najczęściej wynosi powyżej 2%.

Tabela 1.

Wyróżniki jakości ziarna pszenicy w zależności od doboru gleby
Wheat grain quality factors depending on the choice of soil
 (Artyszak, 2006, Dmowski, 1995)

Wyróżnik jakości Quality indicators	Jakość gleby		Soil quality	
	bardzo dobra i dobra very good and good		średnia i słaba medium and poor	
	średnio average	zakres zmienności range of variation	średnio average	zakres zmienności range of variation
Masa 1000 ziaren (g) Mass of 1000 grains	52	48–56	34	28–40
Gęstość ziarna (kg·hl ⁻¹) Grain density	78	71–85	67	61–73
Wyrównanie ziarna (%) Grain alignment	91	85–96	62	57–68
Popiół całkowity (%) Total ash	1,71	1,58–1,85	2,01	1,82–2,20

Warunki hydrotermiczne. Zależności między jakością ziarna pszenicy a wymaganiami opadowo-termicznymi dobrze charakteryzują wartości wskaźnika Sielianinowa (Molga, 1958):

$$K = \frac{P}{\sum Tp \cdot 0,1}$$

gdzie: P – suma opadów dla danej dekady w mm, $\sum Tp \cdot 0,1$ — suma temperatur powietrza dla danej dekady w °C.

W badaniach Woźniaka i Staniszewskiego (2007) wykazano, że mniejszym wartościom wskaźnika obliczonym od kwietnia do lipca odpowiadała większa zawartość białka i glutenu w ziarnie pszenicy oraz wyższa wartość wskaźnika sedymentacji Zeleny'ego, ale mniejsza gęstość ziarna i gorsze jego wyrównanie. Natomiast mniejszej gęstości ziarna odpowiadała większa zawartość popiołu całkowitego (tab. 2 i 3).

Tabela 2.

Zawartość białka ogółem, glutenu i wartość wskaźnika sedymentacji w ziarnie pszenicy w zależności od wartości wskaźnika Sielianinowa
Content of total protein, gluten and index values sedimentation in wheat grain depending on the value of the index Sielianinow (Woźniak and Staniszewski 2007)

Odmiana Cultivar	Wartość wskaźnika Sielianinowa		Value of index Sielianinow, $K_{(IV-VII)}$	
	$K_{(IV-VII)} = 1,42$	$K_{(IV-VII)} = 1,78$	$K_{(IV-VII)} = 1,82$	
	Zawartość białka ogółem		Total protein content, %	
Opatka	15,7 a*	13,9 b	13,5 b	
Korweta	13,9 a	12,4 b	12,7 b	
Średnio Average	14,8 A	13,2 b	13,1 b	
	Zawartość glutenu mokrego		Wet gluten content, %	
Opatka	39,0 a	32,5 b	30,1 c	
Korweta	32,5 a	27,6 b	28,0 b	
Średnio Average	35,8 A	30,1 B	29,1 B	
	Wskaźnik sedymentacji Zeleny'ego		Sedimentation index Zeleny	
Opatka	65,9 a	47,0 b	50,0 b	
Korweta	61,0 a	44,0 b	45,2 b	
Średnio Average	63,4 A	45,5 B	47,6 B	

* średnie oznaczone w wierszu tymi samymi literami nie różnią się istotnie, $P < 0,05$
 marked with the same letters in cells of table average values did not differ significantly

Uprawa roli. Jest tym elementem agrotechniki, który najbardziej wpływa na środowisko glebowe. Zadaniem uprawy jest stworzenie roślinom optymalnych warunków do wzrostu i rozwoju. Współczesne systemy uprawy roli to system płuzny, bezpłuzny i siew bezpośredni (no-tillage). Wyniki badań (Woźniak, 2013) wskazują, że ziarno pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) zebrane w płuznym systemie uprawy, bezpłuznym a nawet herbicydowym posiada podobną wartość technologiczną. Wyjątek stanowi zawartość składników mineralnych, gdyż herbicydowa uprawa zwiększa zawartość popiołu w ziarnie (tab. 4). Można więc stwierdzić, że uprawa pszenicy w systemie bezpłuznym, a nawet herbicydowym nie wpływa negatywnie na jakość ziarna. Ponadto, płuzna uprawa roli jest systemem bardzo energochłonnym oraz degraduje środowisko glebowe, gdyż przyspiesza mineralizację materii organicznej w glebie i migrację pierwiastków, zmniejsza retencję wody oraz

zwiększa podatność gleby na erozję. Natomiast system bezpłużny jest szczególnie zalecany na obszarach suchych, gdzie suma opadów nie przekracza 300 mm rocznie (De Vita, Di Paolo, Fecondo, Di Fonzo and Pisante, 2007).

Tabela 3.

Gęstość ziarna, wyrównanie i zawartość popiołu w ziarnie pszenicy w zależności od wartości wskaźnika Sielianinowa
Grain density, alignment and ash content in wheat grain depending on the value of the index Sielianinow (Woźniak and Staniszewski 2007)

Odmiana Cultivar	Wartość wskaźnika Sielianinowa		Value of index Sielianinow, $K_{(IV-VII)}$
	$K_{(IV-VII)} = 1,42$	$K_{(IV-VII)} = 1,78$	$K_{(IV-VII)} = 1,82$
Gęstość ziarna w stanie zsypanym		Grain density kg hL ⁻¹	
Opatka	76,9 b	78,5 a	78,9 a
Korweta	76,1 a	77,5 a	76,5 a
Średnio Average	76,5 B	78,0 A	77,7 A
Wyrównanie ziarna		Alignment of grain, %	
Opatka	79,0 b	92,5 a	93,1 a
Korweta	84,5 b	91,0 a	91,5 a
Średnio Average	81,8 B	91,8 A	92,3 A
Zawartość popiołu w ziarnie		Ash content in grain, %	
Opatka	1,69 a	1,52 b	1,58 b
Korweta	1,52 a	1,46 b	1,54 a
Średnio Average	1,61 A	1,49 B	1,56 A

* średnie oznaczone w wierszu tymi samymi literami nie różnią się istotnie, $P < 0,05$
 marked with the same letters in cells of table average values did not differ significantly

Tabela 4

Jakość ziarna pszenicy twardej w zależności od systemu uprawy roli
Grain quality durum wheat depending on tillage system (Woźniak, 2013)

System uprawy roli Tillage system	Jakości ziarna Grain quality			
	Białko Protein, %	Gluten, %	Gęstość ziarna Grain density, kg hL ⁻¹	Popiół Ash, %
Płużny Conventional tillage	13,9 a*	30,3 a	74,3 a	1,76 a
Uproszczony Reduced tillage	13,8 a	29,6 a	73,8 a	1,72 b
Herbicydowy Herbicide tillage	13,5 a	29,3 a	73,6 a	1,79 a

* średnie oznaczone w wierszu tymi samymi literami nie różnią się istotnie, $P < 0,05$
 marked with the same letters in cells of table average values did not differ significantly

Także wyniki badań (Woźniak, Soroka, Stępniewska and Makarski, 2014) wykazały, że systemy uprawy roli nie wpływały na zawartość skrobi i włókna surowego w ziarnie jęczmienia, ale uprawa herbicydowa zwiększała zawartość P-fitynowego, w stosunku do systemu bezpłużnej (tab. 5). Natomiast pod względem zawartości makro- i mikroelementów w ziarnie można stwierdzić, że herbicydowa uprawa roli zmniejszała zawartość cennych w żywieniu człowieka pierwiastków: fosforu (P), potasu (K), wapnia (Ca), żelaza (Fe) i miedzi (Cu), w stosunku do uprawy płużnej (tab. 6). Jak wiadomo włókno pokarmowe i fityniany należą do związków, którym przypisuje się prozdrowotne znaczenie w codziennej diecie człowieka.

Tabela 5.

Zawartość skrobi, włókna surowego i P-fitynowego w ziarnie jęczmienia jarego
Starch, crude fiber and phytate-P in the grain of spring barley
 (Woźniak, Soroka, Stępniewska and Makarski, 2014)

System uprawy roli Tillage system		Skrobia Starch, %	Włókno pokarmowe Crude fiber, %	P-fitynowy Phytate-P, g·kg ⁻¹
Płużny	Conventional tillage	59,8 a*	3,3 a	1,66 ab
Uproszczony	Reduced tillage	60,2 a	3,3 a	1,62 b
Herbicydowy	Herbicide tillage	61,0 a	3,3 a	1,72 a

* średnie oznaczone w wierszu tymi samymi literami nie różnią się istotnie, $P < 0,05$
 marked with the same letters in cells of table average values did not differ significantly

Tabela 6.

Zawartość makro- i mikroelementów w ziarnie jęczmienia jarego
The content of macro- and microelements in the grain of spring barley
 (Woźniak, Soroka, Stępniewska and Makarski, 2014)

System uprawy roli Tillage system		P, g·kg ⁻¹	K, g·kg ⁻¹	Mg, g·kg ⁻¹	Ca, g·kg ⁻¹	Fe mg·kg ⁻¹	Zn mg·kg ⁻¹	Cu mg·kg ⁻¹	Mn mg·kg ⁻¹
Płużny	Conventional tillage	3,57 a*	3,31 b	0,95 a	0,44 a	85,22 a	34,31 a	8,08 a	14,34 a
Uproszczony	Reduced tillage	3,59 a	3,47 a	0,96 a	0,34 b	48,69 b	14,41 c	5,96 b	14,88 a
Herbicydowy	Herbicide tillage	3,37 b	3,02 c	0,92 a	0,33 b	36,82 b	25,04 b	5,42 b	14,78 a

* średnie oznaczone w wierszu tymi samymi literami nie różnią się istotnie, $P < 0,05$
 marked with the same letters in cells of table average values did not differ significantly

Nawożenie azotem. Nawożenie azotem wpływa głównie na zawartość białka i glutenu mokrego w ziarnie pszenicy. Generalnie wysokie dawki azotu zwiększają zawartość białka i glutenu w ziarnie, ale obniżą jakość ziarna (zwiększając udział niskocząsteczkowej gliadyny, a zmniejszając wysokocząsteczkowej gluteniny) – tab. 7. Skład chemiczny ziarna w dużym stopniu zależy od nawożenia azotem (tab. 8).

Tabela 7.

Zawartość białka ogółem i glutenu mokrego w ziarnie pszenicy jarej
The content of total protein and wet gluten in the grain of spring wheat
 (Woźniak i Makarski 2013)

Dawka azotu Dose of nitrogen	Białko ogółem Total protein, %	Gluten mokry Wet gluten, %
90 N kg·ha ⁻¹	13,6 a	28,5 a
150 N kg·ha ⁻¹	14,1 b	30,2 b

W badaniach Woźniaka i Makarskiego (2012) dawka 150 kg N·ha⁻¹ istotnie zwiększała zawartość popiołu całkowitego oraz manganu (Mn), w stosunku do 90 kg N·ha⁻¹. Natomiast dawka 90 kg N·ha⁻¹ wpływała na wzrost zawartości potasu (K), żelaza (Fe), cynku (Zn) i miedzi (Cu) w ziarnie, w stosunku do zwiększonej dawki azotu. Jak wynika z literatury przedmiotu wysoka zawartość azotu w glebie ogranicza dostępność niektórych mikroelementów, a tym samym zmniejsza ich zawartość w ziarnie.

Przedplony. Na skład chemiczny ziarna, a zwłaszcza zawartość makro- i mikroelementów istotnie wpływały przedplony (tab. 10). W badaniach

Woźniaka i Makarskiego (2012) na obiektach, na których przedplonem pszenicy była soja stwierdzono w ziarnie większą zawartość popiołu całkowitego oraz potasu (K) i manganu (Mn) niż w stanowisku po grochu. Natomiast w stanowisku po grochu ziarno pszenicy zawierało więcej wapnia (Ca) oraz żelaza (Fe) i cynku (Zn).

Tabela 8.

Zawartość składników mineralnych w ziarnie pszenicy jarej w zależności od dawki azotu
Mineral content in spring wheat grain depending on the dose of nitrogen
 (Woźniak i Makarski 2012)

Wyszczególnienie Specification	Dawka azotu Dose of nitrogen, kg·ha ⁻¹		Średnio Average
	90	150	
Popiół całkowity Total ash, %	1,79 a*	1,85 b	1,82
P, g·kg ⁻¹	2,62 a	2,57 a	2,59
K, g·kg ⁻¹	3,32 a	3,18 b	3,25
Mg, g·kg ⁻¹	1,11 a	1,07 a	1,09
C, g·kg ⁻¹	0,57 a	0,56 a	0,57
Fe, mg·kg ⁻¹	41,69 a	39,86 b	40,78
Zn, mg·kg ⁻¹	36,16 a	35,04 b	35,60
Mn, mg·kg ⁻¹	24,46 a	25,01 b	24,74
Cu, mg·kg ⁻¹	7,32 a	7,01 b	7,17

* średnie oznaczone w wierszu tymi samymi literami nie różnią się istotnie, P < 0,05
 marked with the same letters in cells of table average values did not differ significantly

Następstwo roślin w płodozmianie. Następstwo roślin w płodozmianie wpływało na skład chemiczny ziarna pszenicy. Ziarno zebrane z płodozmianu zawierało znacznie więcej cennych w diecie człowieka pierwiastków, jak fosforu (P), wapnia (Ca), żelaza (Fe) i cynku (Zn) niż pochodzące z monokultury (tab. 9).

Tabela 9.

Skład mineralny ziarna pszenicy jarej
The mineral composition of spring wheat grain (Woźniak i Makarski 2013)

Następstwo roślin Plant rotation	Popiół całkowity Total ash, g·kg ⁻¹	P, g·kg ⁻¹	K, g·kg ⁻¹	Mg, g·kg ⁻¹	Ca, g·kg ⁻¹	Mn, mg·kg ⁻¹	Fe, mg·kg ⁻¹	Zn, mg·kg ⁻¹
Płodozmian Crop rotation	18,17a*	2,58a	2,82b	1,05a	0,59a	23,69b	26,20a	19,22a
Monokultura Monoculture	18,25a	2,48b	3,56a	1,06a	0,54b	24,23a	24,67b	15,98b

* średnie oznaczone w wierszu tymi samymi literami nie różnią się istotnie, P < 0,05
 marked with the same letters in cells of table average values did not differ significantly

Ochrona roślin. Ochrona roślin istotnie wpływała na niektóre wyróżniki jakości ziarna pszenicy jarej (tab. 11). Chemiczne środki (fenoxaprop-P-etylu; 2,4-D + mekoprop-P) zwiększały zawartość białka ogółem w ziarnie, glutenu mokrego oraz wartość wskaźnika sedymentacji Zeleny'ego, w stosunku do ochrony mechanicznej. W przypadku gęstości ziarna, wyrównania, liczby opadania i zawartości popiołu całkowitego nie stwierdzono istotnych różnic

między porównywanymi sposobami ochrony roślin. Należy sądzić, że spadek wartości niektórych wyróżników jakości ziarna był wynikiem większego zachwaszczenia pszenicy na obiektach chronionych mechanicznie oraz większego porażenia liści przez patogeny grzybowe, w stosunku do obiektów chronionych chemicznie.

Tabela 10

Zawartość składników mineralnych w ziarnie pszenicy jarej w zależności od przedplonu Mineral content in spring wheat grain depending on forecrop (Woźniak and Makarski 2012)			
Wyszczególnienie Specification	Przedplon Forecrop		Średnio Average
	groch pea	soja soy	
Popiół całkowity Total ash, %	1,76 b*	1,88 a	1,82
P, g·kg ⁻¹	2,66 a	2,53 a	2,59
K, g·kg ⁻¹	2,89 b	3,62 a	3,25
Mg, g·kg ⁻¹	1,09 a	1,09 a	1,09
Ca, g·kg ⁻¹	0,59 a	0,54 b	0,57
Fe, mg·kg ⁻¹	42,43 a	39,11 b	40,77
Zn, mg·kg ⁻¹	37,30 a	33,89 b	35,60
Mn, mg·kg ⁻¹	24,35 b	25,15 a	24,75
Cu, mg·kg ⁻¹	7,14 a	7,19 a	7,16

* średnie oznaczone w wierszu tymi samymi literami nie różnią się istotnie, $P < 0,05$
marked with the same letters in cells of table average values did not differ significantly

Tabela 11.

Parametry jakościowe ziarna pszenicy jarej Quality parameters of spring wheat grain (Woźniak, 2010)			
Wyszczególnienie Specification	Ochrona roślin Plant protection		Średnio Average
	mechaniczna mechanical	chemiczna chemical	
Popiół całkowity Total ash, %	1,57 a*	1,58 a	1,58
Białko ogółem Total protein, %	13,4 b	13,8 a	13,6
Gluten mokry Wet gluten, %	29,9 b	32,3 a	31,1
Wskaźnik sedymentacji Sedimentation index, ml	49,7 b	55,1 a	52,4
Gęstość ziarna Grain density, kg·hl ⁻¹	76,7 a	77,2 a	77,0
Wyrównanie ziarna Grain alignment, %	83,1 a	85,7 a	84,4
Liczba opadania falling number, s	287 a	298 a	292

* średnie oznaczone w wierszu tymi samymi literami nie różnią się istotnie, $P < 0,05$
marked with the same letters in cells of table average values did not differ significantly

Wnioski. Skład chemiczny i jakość ziarna zbóż zależą od współdziałania genotypu, warunków agroekologicznych i zabiegów agrotechnicznych. Z czynników agroekologicznych główną rolę przypisuje się warunkom glebowym i pogodowym, natomiast z czynników agrotechnicznych nawożeniu, uprawie roli, zmianowaniu i ochronie roślin.

Sucha i słoneczna pogoda w okresie wegetacji sprzyjała gromadzeniu białka i glutenu w ziarnie pszenicy, natomiast chłodna i wilgotna większej gęstości i lepszemu wyrównaniu ziarna.

Nawożenie azotem zwiększało zawartość białka i glutenu w ziarnie, ale wysokie dawki azotu obniżały jego jakość. Wysoka zawartość azotu w glebie ograniczała także dostępność niektórych mikroelementów.

Ziarno pszenicy zebrane z płodozmianu zawierało więcej fosforu (P), wapnia (Ca), żelaza (Fe) i cynku (Zn) niż pochodzące z monokultury.

Bezpłużna uprawa roli zmniejszała w ziarnie zbóż zawartość fosforu (P), potasu (K), wapnia (Ca), żelaza (Fe) i miedzi (Cu), w stosunku do uprawy płuźnej.

PIŚMIENNICTWO

Artyszak, A., 2006. Technologia produkcji pszenicy ozimej [Technology of production of winter wheat]. Przed. Wyd. Rzeczpospolita SA Warszawa. 114 p. (In Polish).

De Vita, P., Di Paolo, E., Fecondo, G., Di Fonzo, N. and Pisante M., 2007. No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality, and soil moisture content in southern Italy. *Soil and Tillage Research*, 92(1/2): 69—78.

Dmowski, Z., 1995. Agroekologiczne aspekty uprawy zbóż w Polsce [Agroecological aspects of cereal crops in Poland]. *Zesz. Naukowe AR Wrocław*. 267: 23—34. (In Polish).

Molga M., 1958. Meteorologia rolnicza [Agricultural meteorology]. Warszawa: PWRiL: 550—556. (In Polish).

Woźniak, A. and Staniszewski, M., 2007. Wpływ warunków pogodowych na jakość technologiczną ziarna pszenicy jarej (odmiana Opatka) i pszenicy ozimej (odmiana Korweta) [The influence of weather conditions on grain quality of spring wheat cv. Opatka and winter wheat cv. Korweta]. *Acta Agrophysica*, 9(2): 525—540. (in Polish).

Woźniak A., 2010. Wpływ chemicznej ochrony roślin na jakość ziarna pszenicy jarej [Effect of chemical plant protection on grain quality of spring wheat]. *Progress in Plant Protection. Postępy w Ochronie Roślin*, 50 (2): 1010—1013. (in Polish).

Woźniak, A. and Makarski, B., 2012. Content of minerals in grain of spring wheat cv. Kokska depending on cultivation conditions. *Journal of Elementology*, 17 (3): 517—523. DOI: 10.5601/jelem.2012.17.3.13.

Woźniak, A. and Makarski, B., 2013. Content of minerals, total protein and wet gluten in grain of spring wheat depending on cropping systems. *Journal of Elementology* 18 (2): 297—305. DOI: 10.5601/jelem.2013.18.2.09.

Woźniak, A., 2013. The effect of tillage systems on yield and quality of durum wheat cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37 (2): 133—138. DOI: 10.3906/tar-1201-53.

Woźniak, A., Soroka, M., Stępniewska, A. and Makarski, B., 2014. Chemical composition of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) grain cultivated in various tillage systems. *Journal of Elementology*, 19 (2): 597—606. DOI: 10.5601/jelem.2014.19.2.438.

SUMMARY**Andrzej Woźniak, Mirosława Soroka****QUALITY AND CHEMICAL COMPOSITION OF CEREAL GRAINS IN DIFFERENT AGRO-ECOLOGICAL CONDITIONS**

The paper shows the influence of agro-ecological conditions on quality and chemical composition of cereal grains. It has been shown that these characteristics depend on the interaction of genotype, the agro-ecological and agronomic treatments. In the agro-ecological factors, the most important role is attributed to soil conditions and rainfall-thermal, while the agronomic factors nitrogen fertilization, crop rotation and chemical plant protection. Dry and sunny weather during the growing season are conducive to the accumulation of protein and gluten in wheat grain and cool and damp higher density and better alignment of the grain. Nitrogen fertilization increases the content of protein and gluten in the grain, but high doses of nitrogen lowered its quality. Ploughless tillage in cereal grains decreased content of phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), iron (Fe) and copper (Cu), relative to the plough tillage. Wheat grain harvested from the crop rotation has more phosphorus (P), calcium (Ca), iron (Fe) and zinc (Zn) than that of the monoculture.

Key words: wheat, grain quality, protein, gluten, soil.

Анджей Возняк, Мирослава СОРОКА**ВПЛИВ АГРОЕКОЛОГІЧНИХ УМОВ НА ЯКІСТЬ І ХЕМІЧНИЙ СКЛАД ЗЕРНА ЗБИЖЖЯ**

Проаналізовано вплив агроєкологічних умов на якість та хемічний склад зерна злаків. Доведено, що ці характеристики залежать від взаємодії генотипу, агроєкологічних умов і сільськогосподарських заходів. Серед агроєкологічних чинників найважливіша роль належить ґрунтовим умовам, опадам і температурі повітря, з агрономічних чинників найбільше впливають азотні добрива, система сівозміни та хемічний захист рослин. Суха і сонячна погода протягом вегетації сприяли нагромадженню білка і клейковини в зерні пшениці, тоді як прохолодна і волога — більшій щільності і кращому вирівнюванню зерна.

Азотні добрива збільшують вміст білка і клейковини в зерні, але високі дози азоту знижують його якість. Безплужна система обробітку ґрунту порівняно із плужним обробітком зумовлює знижений вміст фосфору (P), калію (K), кальцію (Ca), заліза (Fe) і міді (Cu) в зерні. Зерно пшениці, вирощене в сівозміні, містить більше фосфору (P), кальцію (Ca), заліза (Fe) і цинку (Zn), ніж зібране в монокультурі.

Ключові слова: пшениця, якість зерна, білок, клейковина, ґрунт.