

ZAWARTOŚĆ PIERWIASTKÓW ŚLADOWYCH W ZIARNIE PSZENŻYTA UPRAWIANEGO W PŁODOZMIANIE I MONOKULTURACH ZBOŻOWYCH*

BARBARA ŚCIGALSKA, JOANNA PUŁA, BERNADETTA ŁABUZ

Katedra Agrotechniki i Ekologii Rolniczej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

b.scigalska@ur.krakow.pl

Synopsis. W latach 2008–2010 prowadzono doświadczenie polowe stanowiące kontynuację badań rozpoczętych w 2001 roku w Katedrze Agrotechniki i Ekologii Rolniczej Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Celem badań była ocena zawartości pierwiastków śladowych (Zn, Pb, Cu, Cd, Ni i Mn) w ziarnie pszenżyta ozimego ‘Woltario’ i pszenżyta jarego ‘Wanad’ uprawianych w płodozmianie i monokulturach zbożowych. Badania przeprowadzono w Stacji Doświadczalnej Katedry w Mydlnikach koło Krakowa. Dwuczynnikowe doświadczenie zlokalizowano na glebie brunatnej właściwej, należącej do kompleksu pszennego dobrego. Przeciętny plon ziarna pszenżyta ozimego i jarego uzyskany w płodozmianie wynosił średnio 6,27 t·ha⁻¹ i był większy o 18,9% od średniego plonu ziarna zanotowanego w obu monokulturach zbożowych. Uprawa obu form pszenżyta w trzech wariantach następstwa roślin nie różnicowała istotnie zawartości pierwiastków śladowych w ziarnie tego zboża. Stwierdzono wyższą zawartość pierwiastków śladowych w ziarnie pszenżyta jarego w porównaniu z pszenżytem ozimym. Średnio pszenżyto uprawiane w płodozmianie sprzyjało gromadzeniu się takich składników jak: Zn, Mn i Cu. Zanotowano większą tendencję do gromadzenia Pb i Cd w ziarnie pszenżyta jarego przy zawartości tych metali nie przekraczających norm. Monokultura zbożowa dwugatunkowa z udziałem owsa wykazywała niższe wartości niż w płodozmianie w odniesieniu do wszystkich pierwiastków, a w przypadku pszenżyta ozimego jedynie w odniesieniu do Cd, Ni, Fe i Mn.

Słowa kluczowe – *key words*: pierwiastki śladowe – *trace elements*, pszenżyto – *triticale*, płodozmian – *crop rotation*, monokultura – *monoculture*

WSTĘP

Efektywność upraw poszczególnych gatunków roślin mierzy się obecnie nie tylko ich plnością, ale również jakością plonu [Alloway i Ayres 1999, Ruszkowska i in. 1996]. Znaczenie pierwiastków śladowych pobieranych w małych ilościach przez rośliny w aktualnych uwarunkowaniach rolnictwa wzrasta i wiąże się z wieloma czynnikami [Adriano 1986, Aleksander i in. 1997, Kucharzewski i Dębowski 2000]. W ziarnie zbóż ważny jest poziom mikroskładników, ze względu na przeznaczenie i wykorzystanie danego zboża, przy czym poziom ten powinien być odpowiedni i nie przekraczać norm [Pisulewska i in. 1998].

W dostępnej literaturze brakuje prac dotyczących zawartości metali ciężkich w ziarnie pszenżyta uprawianego w płodozmianie i monokulturach zbożowych. Można przypuszczać, że zarówno warianty następstwa roślin, jak i forma zboża nie będą różnicować zawartości pierwiastków śladowych w ziarnie pszenżyta, co stanowiło przesłankę do podjęcia tego typu badań.

* Praca finansowana w ramach projektu badawczego G-1758/KAiER/10-11

Celem badań była ocena zawartości pierwiastków śladowych (Zn, Pb, Cu, Cd, Ni, Fe i Mn) w ziarnie pszenżyta ozimego i jarego uprawianego w płodozmianie i monokulturach zbożowych: dwugatunkowej z udziałem pszenżyta i owsa oraz jednogatunkowej z udziałem pszenżyta.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe stanowiące kontynuację badań rozpoczętych w 2001 roku, przeprowadzono w latach 2008–2010 w Stacji Doświadczalnej Katedry Agrotechniki i Ekologii Rolniczej Uniwersytetu Rolniczego w Mydlnikach koło Krakowa (50° 05' N, 19° 51' E, 270 m n.p.m.). Doświadczenie zlokalizowano na glebie brunatnej właściwej, należącej do kompleksu pszennego dobrego, klasy bonitacyjnej II, o odczynie lekko kwaśnym ($\text{pH}_{\text{KCL}} 5,7$). Dwuczynnikowe doświadczenie założono metodą losowych podbloków w czterech powtórzeniach, a wielkość poletek do zbioru wynosiła 10 m². Testowano odmiany pszenżyta ozimego – Woltario oraz pszenżyta jarego – Wanad. Pszenżyto ozime i jare uprawiano w trzech wariantach następującej rośliny:

- płodozmian: burak cukrowy⁺⁺ – pszenżyto jare – bobik – pszenżyto ozime,
- monokultura zbożowa dwugatunkowa (z udziałem owsa): pszenżyto jare – pszenżyto ozime – owies – pszenżyto jare,
- monokultura zbożowa jednogatunkowa (z udziałem pszenżyta): pszenżyto ozime – pszenżyto jare – pszenżyto ozime – pszenżyto jare.

W pracy przedstawiono wyniki z trzech lat badań jako średnie zawartości pierwiastków śladowych w ziarnie pszenżyta. Zabiegi uprawowe wykonano zgodnie z zaleceniami prawidłowej agrotechniki. Norma wysiewu dla obu form pszenżyta wynosiła 450 ziarniaków na 1 m². Zabiegi ochrony roślin w uprawach były zgodne z zaleceniami IOR-PIB w Poznaniu. Siew pszenżyta ozimego wykonano w trzeciej dekadzie września, a pszenżyta jarego w pierwszej dekadzie kwietnia. Nawożenie mineralne wynosiło: 80 kg N, 52 kg P, 83 kg K czystego składnika na 1 ha. W pobranym ziarnie, po jego wysuszeniu i odpowiednim rozdrobnieniu oznaczono całkowitą zawartość metali ciężkich: cynku, ołowiu, miedzi, kadmu, żelaza, niklu i manganu metodą atomowej spektrometrii emisyjnej z indukcyjnie wzbudzoną plazmą (ICP-AES) aparatem typu JY 238 ULTRACE, firmy Jobin Von Emission. Analizę tę wykonano w Katedrze Chemii Rolnej i Środowiskowej Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Do obliczeń statystycznych wykorzystano metodę analizy wariancji syntezy jednoczynnikowej według modelu stałego. Hipotezę statystyczną weryfikowano za pomocą wielokrotnego testu Tuckey'a przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Według rejonizacji opracowanej przez Wosia [2010] Stacja Doświadczalna Katedry Agrotechniki i Ekologii Rolniczej w Krakowie - Mydlniki znajduje się w 27 regionie klimatycznym Małopolski Południowej. W regionie tym średnia roczna temperatura powietrza wynosi 8°C, a średnia suma opadów 674 mm. Lata realizacji badań pod względem pogodowym były zróżnicowane. Średnia temperatura miesięczna dla tego regionu w okresie wegetacji od kwietnia do lipca wynosiła 13,8°C. W latach badań obserwowano wzrost temperatury miesięcznej od 1,1 do 1,4°C. W okresach wegetacyjnych temperatura miesięczna od kwietniu do lipca przekraczała normę. Średnia suma opadów dla wielolecia 1951–2000 wynosiła 307 mm. W porównaniu z wieloleciem, ilość opadów w okresie wegetacyjnym w 2008 roku była mniejsza o 73,2 mm oraz większa o 8,1 mm w 2009 roku i o 272,2 mm w 2010 roku. Najbardziej zbliżone opady do przyjętego optimum (233,2 mm) w warunkach badań odnotowano w 2008 roku [Ścigalska 2001]. Warunki pogodowe w latach badań miały wpływ na średni plon ziarna pszenżyta ozimego i jarego.

WYNIKI I DYSKUSJA

Plon ziarna pszenżyta ozimego i jarego analizowano w trzech wariantach następstwa pszenżyta po sobie: po dobrych przedplonach (płodozmian) oraz w monokulturach zbożowych (tab. 1). Lata realizacji badań istotnie różnicowały plon ziarna obu form pszenżyta uprawianego

Tabela 1. Plonowanie pszenżyta ozimego oraz jarego (t ha⁻¹)

Table 1. Yielding of winter and spring triticale

Forma pszenżyta <i>Triticale form</i> (B)	Następstwo – <i>Crop sequence</i> (A)			
	Płodozmian <i>Crop rotation</i>	Monokultura* <i>Monoculture</i>	Monokultura** <i>Monoculture</i>	Średnio <i>Mean</i>
2008				
Pszenżyto ozime <i>Winter triticale</i>	7,05	6,39	6,53	6,66
Pszenżyto jare <i>Spring triticale</i>	6,18	3,98	3,56	4,57
Średnio – <i>Mean</i>	6,61	5,18	5,04	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : A – 0,79; B – 0,65				
2009				
Pszenżyto ozime <i>Winter triticale</i>	7,51	6,21	4,87	6,19
Pszenżyto jare <i>Spring triticale</i>	5,34	5,04	3,73	4,71
Średnio – <i>Mean</i>	6,43	5,63	4,30	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : A – 1,14; B – 0,91				
2010				
Pszenżyto ozime <i>Winter triticale</i>	6,98	6,12	5,97	6,36
Pszenżyto jare <i>Spring triticale</i>	4,56	4,24	4,22	4,34
Średnio – <i>Mean</i>	5,77	5,18	5,02	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : A – r.n.; B – 1,12				
2008 – 2010				
Pszenżyto ozime <i>Winter triticale</i>	7,18	6,24	5,79	6,40
Pszenżyto jare <i>Spring triticale</i>	5,36	4,42	3,89	4,55
Średnio – <i>Mean</i>	6,27	5,33	4,84	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05} : lata – years (L) – 0,61; A – 0,84; B – 0,68; LxAxB – 1,18				

* – monokultura dwugatunkowa z udziałem owsa – *monoculture two plants species with oats*

** – monokultura zbożowa jednogatunkowa – *cereals monoculture with one plants species*

r.n. – różnica nieistotna – *non significant differences*

w trzech wariantach następstwa roślin. W 2008 roku największy przeciętny plon ziarna dla obu form pszenżyta zanotowano w uprawie w płodozmianie. Lepiej plonującą formą okazało się pszenżyto ozime, które średnio w trzech obiektach doświadczenia dawało plon ziarna na poziomie – 6,61 t·ha⁻¹. Pszenżyto jare plonowało niżej o 31,4% niż pszenżyto ozime. Przeciętny plon ziarna pszenżyta w 2009 roku w płodozmianie był istotnie większy o 22,8% w stosunku do obu monokultur zbożowych. Średnio ze wszystkich obiektów pszenżyto jare w porównaniu z jego formą ozimą dawało plon ziarna mniejszy o 24%, a różnice te były statystycznie istotne. W 2010 roku przeciętny plon ziarna obu form pszenżyta w poszczególnych obiektach doświadczenia kształtował się w granicach od 5,77 t·ha⁻¹ w płodozmianie do 5,02 t·ha⁻¹ w 8-letniej monokulturze zbożowej jednogatunkowej. Wariant następstwa roślin nie różnicował istotnie plonu ziarna tego zboża.

Średnio z trzech lat plon ziarna pszenżyta jarego uprawianego w płodozmianie był mniejszy o 29% w stosunku do pszenżyta ozimego. Średnio obie formy pszenżyta uprawiane w płodozmianie dały większe o 18,9% plony ziarna w stosunku do średniej z obu monokultur zbożowych. W porównaniu z płodozmiannem zanotowano średnio plon ziarna pszenżyta ozimego i jarego mniejszy o 15% w monokulturze dwugatunkowej oraz o 22,8% w monokulturze jednogatunkowej tego zboża. Stwierdzono statystycznie istotne różnice dla lat, obiektów oraz interakcji: lata x obiekt x forma pszenżyta.

W ostatnich latach obserwuje się wzrost uprawy pszenżyta, przede wszystkim na cele paszowe [Jaśkiewicz 2006]. Oprócz podstawowych składników ziarna ważne są mikrośladowiki (Cu, Fe, Mn i Zn) jako niezbędne dla wszystkich roślin lub ważne tylko dla niektórych (Ni), a także u których znaczenia nie udało się do tej pory wyjaśnić, co dotyczy Cd i Pb [Preś i Kinał 1996]. Koncentracja składników mineralnych w ziarnie zależy między innymi od zasobności gleby w te składniki, zabiegów agrotechnicznych, warunków pogodowych i od gatunku i formy zboża [Bednarek i in. 2008, Matyka i in. 1993].

Analizując zawartość metali ciężkich w ziarnie pszenżyta (tab. 2) stwierdzono, że uprawa pszenżyta w trzech wariantach następstwa roślin nie różnicowała istotnie ich zawartości. Obserwowano tendencję do spadku zawartości pierwiastków śladowych w ziarnie obu form pszenżyta uprawianego w monokulturze zbożowej z udziałem owsa. Największą ich zawartość oznaczono w ziarnie pszenżyta uprawianego w monokulturze jednogatunkowej. Stwierdzono większe zawartości Zn, Fe i Mn w ziarnie pszenżyta jarego.

W badaniach prowadzonych na terenie województwa małopolskiego zawartość metali ciężkich w wierzchniej warstwie gleb uprawnych wahała się w bardzo szerokich granicach. Koncentracja ta wyrażona w mg·kg⁻¹ gleby wynosiła dla: Cd – 0,43–3,14; Cu – 2,2–44,5; Ni – 2,8–50; Pb – 14,1–118,5 i Zn – 48,4–59,9 [Gambuś 1993].

Kaszubkiewicz i Kawałko [2009] podają, że średnia zawartość w ziarnie zbóż wynosi: dla Zn – 33,3; Cu – 3,97; Pb – 0,23; Ni – 0,77; Cd – 0,11. W badaniach własnych ziarno pszenżyta ozimego charakteryzowało się mniejszą zawartością Pb i Cd niż pszenżyto jare. Według Kabaty-Pendias i Pendias [1999], w Polsce średnia zawartość cynku wahała się w granicach 15–60 mg·kg⁻¹s.m. Uzyskane w pracy wyniki wskazują na większą zawartość cynku od 40,3 do 49,7 mg·kg⁻¹s.m. w ziarnie pszenżyta uprawianego w płodozmianie w stosunku do monokultur zbożowych, a wartości te mieściły się w granicach przyjętych norm. Dopuszczalna zawartość niklu w płodach rolnych zależy od ich przeznaczenia wynosi: dla przydatności konsumpcyjnej i paszowej – 10 mg kg⁻¹ s.m. Zawartość tego pierwiastka w ziarnie zbóż naszego kraju wynosi 0,1–5 mg·kg⁻¹s.m. [Kabata-Pendias i Pendias 1999]. W badaniach własnych zawartość niklu w ziarnie pszenżyta wahała się od 0,91 do 1,91 mg·kg⁻¹s.m. i mieściła się w granicach normy. W ziarnie zbóż koncentracja Fe ulega wahaniom, ale rzadko przekracza 100 mg·kg⁻¹s.m. [Kabata-Pendias i Pendias 1999]. Zawartość żelaza w ziarnie pszenżyta uprawianego w trzech wariantach

Tabela 2. Zawartość pierwiastków śladowych w ziarnie pszenżyta (średnio 2008–2010)
 Table 2. The content of trace elements in grain of triticale (mean 2008–2010)

Obiekty <i>Treatments</i>		Pierwiastki śladowe (mg·kg ⁻¹ s.m.) <i>Trace elements (mg·kg⁻¹DM)</i>						
		Zn	Pb	Cu	Cd	Ni	Fe	Mn
Plodozmian <i>Crop rotation</i>	Pszenżyto ozime <i>Winter triticale</i>	40,3	0,231	3,09	0,084	0,91	43,9	14,8
	Pszenżyto jare <i>Spring triticale</i>	49,7	0,232	3,71	0,094	1,55	61,4	18,9
Monokultura* <i>Monoculture</i>	Pszenżyto ozime <i>Winter triticale</i>	39,0	0,186	2,89	0,085	1,02	52,5	16,0
	Pszenżyto jare <i>Spring triticale</i>	48,3	0,221	3,68	0,087	0,96	51,4	17,0
Monokultura** <i>Monoculture</i>	Pszenżyto ozime <i>Winter triticale</i>	41,4	0,175	3,02	0,085	1,07	46,4	16,0
	Pszenżyto jare <i>Spring triticale</i>	46,4	0,406	3,70	0,098	1,91	65,7	16,0
Formy pszenżyta <i>Forms triticale</i>	Pszenżyto ozime <i>Winter triticale</i>	40,2	0,197	3,00	0,085	1,00	47,6	15,6
	Pszenżyto jare <i>Spring triticale</i>	48,1	0,286	3,70	0,093	1,47	59,5	17,3
NIR _{0,05} dla form pszenżyta <i>LSD_{0,05} for triticale forms</i>		1,4	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	10,1	1,4

*, ** – objaśnienia jak w tabeli 1 – *explanation as table 1*
 r.n. – różnica nieistotna – *non significant differences*

tach następstwa roślin kształtowała się na poziomie 43,9–65,7 mg·kg⁻¹ s.m. i nie przekraczała dozwolonych stężeń, jednakże wartość ta była dość wysoka. Zawartość kadmu w zbożach wynosi 0,03–0,5 mg·kg⁻¹ s.m. Natomiast wartość uznawana za dopuszczalną to 0,15 mg·kg⁻¹ s.m. [Kabata-Pendias i Pendias 1999]. W przeprowadzonych badaniach zawartość kadmu w ziarnie pszenżyta była poniżej wartości granicznej. Ziarno zbóż w Polsce zawiera 10–45 mg·kg⁻¹ s.m. manganu [Kabata-Pendias i Pendias 1999]. W badaniach własnych zawartość manganu w ziarnie pszenżyta wynosiła 14,8–8,9 mg·kg⁻¹ s.m. i mieściła się w średniej zawartości. Zanieczyszczenie ołowiem w produktach pochodzenia roślinnego wynosi: w zbożach 0,20 mg·kg⁻¹ s.m. [Rozporządzenie ..., 2003]. Zawartości tego metalu w roślinach, zaproponowane przez Kabatę-Pendias i Pendias [1999], pozwalają na konsumpcję roślin o zawartości nie większej niż 1,0 mg Pb kg⁻¹ s.m. W badaniach własnych zawartość ołowiu w ziarnie obu form pszenżyta wynosiła od 0,175 do 0,406 mg·kg⁻¹ s.m. i nie przekraczała dopuszczalnych norm. Jak podaje Bednarek i in. [2008], średnia zawartość miedzi w rejonach nie zanieczyszczonych wynosi dla ziarna zbóż 3,7 mg·kg⁻¹ s.m. Według Kabaty-Pendias i Pendias [1999] średnia zawartość miedzi w zbożach

naszego kraju mieści się w przedziale od 2,6 do 6,0 mg·kg⁻¹ s.m. Badania własne wykazały, że zawartość miedzi w ziarnie pszenżyta wahała się od 2,89 do 3,71 mg·kg⁻¹ s.m. i mieściła się w dopuszczalnych normach dla pasz.

Zmianowanie jest czynnikiem agrotechnicznym w znacznym stopniu oddziaływującym na poziom plonowania pszenżyta oraz zawartość mikro i makroelementów w roślinie. Badania prowadzone przez IUNG na terenie kraju wykazują, że zawartość metali w roślinie nie jest prostoliniowo zależna od ich zawartości w glebie. Zależy to od ich dostępności dla roślin, a także od gatunku i odmiany [Gorlach 1996]. Znaczna część roślin pobiera z gleby jednakową ilość metali ciężkich, bez względu na wielkość plonu. Im plon jest większy tym mniejsza jest koncentracja metali w ziarnie [Michna 1993]. Hipoteza ta nie znalazła potwierdzenia w badaniach własnych w odniesieniu do wszystkich pierwiastków śladowych, gdzie stwierdzono jedynie większą zawartość Pb, Cd, Ni i Fe w ziarnie pszenżyta uprawianego w monokulturze jednogatunkowej w porównaniu z płodozmianem. Według Karczewskiej [2002] oraz Kaszubkiewicz i Kawałko [2009], pierwiastkami najsilniej kumulowanymi w ziarnie są Zn i Cd, w następnej kolejności Cu, słabiej Ni, a najsłabiej Pb. Autorzy ci uważają, że Pb i Cd są słabiej kumulowane w ziarnie zbóż jarych, co nie znalazło potwierdzenia w badaniach własnych.

Cytowane wyniki badań w literaturze rolniczej dotyczące pszenicy ozimej nie potwierdziły lepszej jakości ziarna pszenicy pod względem zawartości pierwiastków śladowych, pochodzącego z gospodarstw ekologicznych i konwencjonalnych [Wiśniowska-Kielan i Klima 2007]. Podobnie, wyniki badań Bednarka i in. [2008] nie wykazały istotnej zależności zawartości metali ciężkich w ziarnie pszenicy ozimej w zależności od rejonu uprawy. Przeprowadzone badania w warunkach okolic Krakowa nie potwierdziły istotnych zmian w zawartości metali ciężkich w ziarnie pszenżyta ozimego i jarego uprawianych w płodozmianie i monokulturach zbożowych. Spośród oznaczonych w pracy pierwiastków śladowych jedynie zawartość Zn, Fe i Mn była istotnie zależna od formy pszenżyta, a koncentracja ich była większa w ziarnie pszenżyta jarego. Wyniki uzyskane w pracy potwierdziły wcześniejsze badania Ścigalskiej i in. [2000], wskazujące, że pszenżyto jare silniej kumuluje w ziarnie metale ciężkie niż pszenżyto ozime.

WNIOSKI

1. Plon ziarna pszenżyta jarego uprawianego w płodozmianie był mniejszy o 29% w stosunku do pszenżyta ozimego. W porównaniu z płodozmianem, plon ziarna pszenżyta ozimego i jarego uległ zmniejszeniu o 15% w monokulturze dwugatunkowej oraz o 22,8% w monokulturze jednogatunkowej tego zboża. Większą negatywną reakcją na uprawę w monokulturze odnotowano w pszenżycie jarym niż ozimym.
2. Zawartość pierwiastków śladowych w ziarnie pszenżyta jarego uprawianego w monokulturze z udziałem owsa wykazywała niższe wartości niż w płodozmianie w odniesieniu do wszystkich pierwiastków, a w przypadku pszenżyta ozimego jedynie w odniesieniu do Cd, Ni, Fe, Mn.
3. Wyższą zawartość metali ciężkich stwierdzono w ziarnie pszenżyta jarego w porównaniu z pszenżycem ozimym.
4. Średnia zawartość metali ciężkich w ziarnie pszenżyta ozimego i jarego była niewielka i nie przekraczała przyjętych norm dla pasz.

PIŚMIENNICTWO

- Adriano D.C. 1986. Trace elements in the terrestrial environment. Springer-Verlag, New York: ss. 533.
- Alexander M., Hatzinger P.B., Kelsey J.W., Kottler B.D., Nam K. 1997. Sequestration and realistic risk from toxic chemicals remaining after bioremediation. *Ann. New York Acad. Sci.* 829: 1–5.
- Alloway B.J., Ayres D. C. 1999. *Chemiczne podstawy zanieczyszczenia środowiska*. Wyd. PWN Warszawa: ss. 423.
- Bednarek W., Tkaczyk P., Dresler S. 2008. Zawartość metali ciężkich jako kryterium oceny jakości ziarna pszenicy ozimej. *Acta Agrophys.* 12(2): 315–326.
- Gambuś F. 1993. Metale ciężkie w wierzchniej warstwie gleb regionu krakowskiego. *Rozpr. AR Kraków*: ss. 176.
- Gorlach E. 1996. Toksyczne metale ciężkie w systemach nawożenia. W: Nawożenie mineralne roślin uprawnych. Czub R. (red.). Zakł. Chem. Police S.A.: ss. 413.
- Jaśkiewicz B. 2006. Regionalne zróżnicowanie produkcji pszenżyta w Polsce. W: Regionalne zróżnicowanie produkcji rolniczej w Polsce. IUNG-PIB Puławy, Raporty PIB, 3: 101–111.
- Kabata-Pendias A., Pendias H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wyd. PWN Warszawa: ss. 267.
- Karczewska A. 2002. Metale ciężkie w glebach zanieczyszczonych emisjami hut miedzi – formy i rozpuszczalność. *Zesz. Nauk. AR Wrocław* 432: ss. 159.
- Kaszubkiewicz J., Kawalko D. 2009. Zawartość wybranych metali ciężkich w glebach i roślinach na terenie powiatu jeleniogórskiego. *Ochr. Środ. Zas. Nat.* 40: 177–189.
- Kucharzewski A., Dębowski M. 2000. Odczyn i zawartość mikroelementów w glebach Polski. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 471(2): 627–635.
- Matyka S., Korol W., Wójciak M. 1993. Skład mineralny ziarna zbóż. *Zesz. Nauk. WSRP Siedlce, Ser. Zoot.* 32: 51–55.
- Michna W. 1993. Raport pilotowy o zanieczyszczeniach i skażeniach użytków rolnych, surowców żywnościowych i żywności w latach 1989–1992: synteza. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa: ss. 77.
- Pisulewska E., Zając T., Oleksy A. 1998. Skład mineralny wybranych odmian pszenżyta w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem. *Biul. IHAR* 205/206: 179–188.
- Preś J., Kinal S. 1996. Aktualne spojrzenie na sprawę zaopatrzenia zwierząt w mikroelementy. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 434: 1043–1061.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dn. 13 stycznia 2003 r. [Dz.U.37. 326] w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą znajdować się w żywności, składnikach żywności, dozwolonych substancji dodatkowych, w substancjach pomagających w przetwarzaniu albo na powierzchni żywności.
- Ruszkowska M., Sykut S., Kusio M. 1996. Stan zaopatrzenia roślin w mikroelementy w warunkach zróżnicowanego nawożenia w wieloletnim doświadczeniu lizymetrycznym. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 434: 43–47.
- Ścigalska B. 2001. Plonowanie pszenżyta jarego w zmianowaniu i monokulturze na glebie kompleksu żyniego dobrego. *Zesz. Nauk. AR Kraków, Rozpr.* 274: ss. 98.
- Ścigalska B., Pisulewska E., Kołodziejczyk M. 2000. Zawartość makro- i mikroelementów w ziarnie odmian pszenżyta jarego. *Folia Univ. Agric. Stein.* 206, *Agricultura* 82: 287–292.
- Wiśniowska-Kielian B., Klima K. 2007. Porównanie zawartości mikroelementów w ziarnie pszenicy ozimej z gospodarstw ekologicznych i konwencjonalnych. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 52(4): 100–103.
- Woś A. 2010. Klimat Polski w drugiej połowie XX wieku. *Wyd. UAM Poznań* 102: 174.

B. ŚCIGALSKA, J. PUŁA, B. ŁABUZ

**CONTENT OF TRACE ELEMENTS IN GRAINS OF TRITICALE GROWN IN CROP
ROTATION AND CEREAL MONOCULTURES**

Summary

In the years 2008–2010, a field experiment was carried out; this experiment was the continuation of the research project initiated by the Department of Agrotechnology and Agricultural Ecology, University of Agriculture in Cracow, in 2001. The objective of the experiment was to determine and assess the content of trace elements (Zn, Pb, Cu, Cd, Ni, and Mn) in the grains of 'Woltario' winter triticale and 'Wanad' spring triticale that were grown using a crop rotation system and cereal monocultures. The experiments were conducted at the Experimental Station in Mydlniki near Cracow, owned by the Department as indicated above. A site, where this two-factor experiment was placed, had a typical brown soil classified as a good wheat complex soil. The mean grain crop yield of winter and spring triticale obtained from the crop rotation system was, averagely, 6.27 t·ha⁻¹; thus, it was by 18.9% higher than the mean grain crop yield reported for the two crops grown in a one crop system. Growing the two varieties of triticale in three variants of crop rotation did not cause the contents of trace elements to significantly differ in the triticale grains. It was found that the grains of spring triticale contained more trace elements than winter triticale. On average, the crop rotation system used to grow triticale favoured the accumulation of such elements in grains as: Zn, Mn, and Cu. It was reported, too, that the Pb and Cd elements were more inclined to accumulate in spring triticale; however, their content did not exceed the values as indicated in appropriate norms. The cereal monocultures with oats was characterized by a lower content to accumulate in spring triticale all trace elements in grains, in winter triticale only Cd, Ni, Fe, Mn.