

JERZY GRABIŃSKI

Zakład Uprawy Roślin Zbożowych

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa — PIB, Puławy

Wpływ zawartości kadmu w ziarnie pszenicy jarej na wartość wypiekową

The influence of cadmium content in grain on baking quality of spring wheat

Celem badań było określenie związku pomiędzy wybranymi cechami jakości ziarna pszenicy jarej decydującymi o jakości wypiekowej a zawartością kadmu. Materiał do badań stanowiło ziarno pszenicy jarej uzyskane z doświadczeń wazonowych. W badaniach uwzględniono cztery odmiany pszenicy jarej (Eta, Hera, Igna, Sigma). Przeprowadzono dwa niezależne doświadczenia: z glebą o naturalnie niskiej zawartości kadmu i z glebą zanieczyszczoną ($4 \text{ mg Cd} \cdot \text{kg}^{-1}$). Zawartość kadmu w ziarnie określono metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej w płomieniu (AAS). Analizy zawartości białka w ziarnie wykonano metodą Kjeldahla. Zawartość glutenu mokrego i suchego oraz indeks glutenu określono przy wykorzystaniu aparatu Glutomatic 2200. Nie stwierdzono istotnej korelacji pomiędzy zawartością kadmu w ziarnie i cechami jakości decydującymi o wartości wypiekowej otrzymanej z niego mąki w przypadku uprawy pszenicy na glebie niezanieczyszczonej. Natomiast w eksperymencie przeprowadzonym na glebie zanieczyszczonej kadmem stwierdzono dodatnią korelację pomiędzy zawartością tego pierwiastka w ziarnie a zawartością glutenu (mokrego i suchego) i białka. Indeks glutenu był skorelowany z zawartością kadmu ujemnie.

Słowa kluczowe: białko, gluten, indeks glutenu, kadm, ziarno pszenicy

The aim of the investigation was to define the relationships between baking quality of wheat and cadmium content in grain. The grain for analysis was collected from pot experiments. Four spring wheat cultivars (Eta, Hera, Igna, Sigma) were grown. Two independent experiments were conducted: on uncontaminated soil and on the soil contaminated with $4 \text{ mg Cd} \cdot \text{kg}^{-1}$. Concentration of Cd in grain was measured using flame atomic absorption spectrometry (AAS). Protein content was analyzed by the Kjeldahl method. Wet and dry gluten and gluten index were analyzed with the Glutomatic 2200 apparatus. There were no correlations between cadmium content and grain quality features in grain of wheat obtained from the soil not contaminated by Cd. However, in the experiment conducted on soil contaminated with Cd, significant positive correlations were found between cadmium and gluten (wet and dry) and protein content in grain. Gluten index was correlated negatively with cadmium content in grain.

Key words: cadmium, gluten, gluten index, protein, wheat grain

WSTĘP

Kadm jest metalem ciężkim, toksycznym dla organizmu ludzkiego (Nath i in., 1984). Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) wraz ze Światową Organizacją ds. Wyżywienia i Rolnictwa umieściły kadm w małej grupie pierwiastków najbardziej szkodliwych dla ludzi i określiła Tymczasowe Tygodniowe Tolerowane Pobranie (Provisional Tolerable Weekly Intake-PTWI) w ilości 0,007 mg/kg masy ciała/tydzień (Chaudri i in., 2001).

Pomijając osoby zawodowo narażone na wdychanie kadmu i palaczy tytoniu, głównym źródłem kadmu dla człowieka jest droga pokarmowa, a w szczególności przetwory zbożowe (Hutton, 1982). Szacuje się, że w naszym kraju ponad 40% całej ilości kadmu pobieranego drogą pokarmową pochodzi właśnie z tego źródła (MR i RW 2002). W wielu krajach wprowadzono w obrocie handlowym zbożami limity zawartości omawianego pierwiastka. W Unii Europejskiej limit ten został określony dla ziarna pszenicy na poziomie 0,2 mg/kg (Commission European Communities, 2001).

Badania wielu autorów wykazały, że w obrębie rodzaju *Triticum* istnieje duże zróżnicowanie w ilości pobieranego kadmu z gleby. W szczególności więcej kadmu zawierają ziarniaki pszenicy twardej niż chlebowej (Zook in., 1970; Meyer i in., 1982). Gray i McLaren (2001) zauważyli duże różnice w zawartości kadmu w obrębie tego samego gatunku pszenicy (*Triticum aestivum* L.) reprezentowanego przez odmiany zarejestrowane w Nowej Zelandii. Niektórzy autorzy (Clarke i in., 2002) uważają, że stosunkowo łatwo jest uzyskać odmiany o genetycznie uwarunkowanej małej ilości kadmu w ziarnie, ale nie zawsze udaje się przy tym utrzymać cechy decydujące o jakości ziarna na odpowiednim poziomie i dlatego istnieje potrzeba rozpoznania związku poziomu akumulacji kadmu w ziarnie z cechami decydującymi o ich wartości użytkowej, takimi jak plon ziarna, zawartość białka, wielkość ziarniaków czy zawartość składników mineralnych.

Celem badań było określenie związku pomiędzy zawartością kadmu w ziarnie a wybranymi cechami ziarna pszenicy decydującymi o jakości wypiekowej otrzymanej z niego mąki.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiło ziarno pszenicy jarej uzyskane z doświadczeń wazonowych przeprowadzonych w latach 1996–1997, w których obiektem badań były wybrane odmiany (Eta, Hera, Igna, Sigma) różniące się genetycznie uwarunkowanymi cechami jakości istotnymi dla przemysłu piekarniczego. Odmiany wysiewano w wazonach plastikowych wypełnionych 9 kg gleby o składzie granulometrycznym piasku gliniastego mocnego pylastego, o uregulowanym odczynie (pH 6,6) i wysokiej zasobności w fosfor, potas i magnez. Zastosowano dwa poziomy zanieczyszczenia gleby kadmem: naturalny (śladowe ilości w glebie) i wysoki (zanieczyszczenie uzyskane poprzez dodanie kadmu w ilości 4 mg Cd·kg⁻¹ w formie CdSO₄). W przeliczeniu na 1 wazon stosowano 0,99 g fosforu oraz 2,43 g potasu. Nawożenie azotem stosowano w 2 dawkach: 1,2 g N/wazon przedsięwnie oraz 1,2 g N/wazon w fazie strzelania w źdźbło. Ziarno zbierano po

osiągnięciu dojrzałości pełnej. Po zmieleniu poddawano je procesowi spalania w piecu muflowym. Popiół rozpuszczano w stężonym kwasie azotowym a po jego odparowaniu w 3 molowym roztworze kwasu solnego. Analizę zawartości kadmu wykonano metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej (AAS). Do kontroli oznaczeń używano materiał referencyjny z NIST (National Institute of Standards and Technology). Dla określenia związku pomiędzy zawartością kadmu a cechami decydującymi o przydatności na cele piekarnicze wykonano analizy zawartości białka w ziarnie metodą Kjeldahla wykorzystując współczynnik 5,7. Zawartość glutenu mokrego i suchego oraz indeks glutenu określono przy wykorzystaniu aparatu Glutomatic 2200 wg międzynarodowych norm (odpowiednio ICC 137 oraz ICC 155) w czterech powtórzeniach. Analizy statystyczne wykonano z wykorzystaniem analizy wariancji oceniając istotność różnic testem Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Największą ilość kadmu w ziarnie uzyskanym z wazonów wypełnionych glebą charakteryzującą się naturalnie niskim poziomem zawartości kadmu stwierdzono u pszenicy odmiany Igna (tab. 1). Ziarno tej odmiany charakteryzowało się najniższą zawartością glutenu, ale jego jakość określona indeksem była najwyższa. Natomiast najmniejszą ilość kadmu stwierdzono w odmianie Hera, której gluten charakteryzował się zdecydowanie najniższym indeksem.

Tabela 1

Średnia zawartość kadmu w ziarnie pszenicy jarej oraz średnie wartości cech decydujących o jakości wypiekowej pszenicy rosnącej w glebie niezanieczyszczonej kadmem (SD Puławy-Osiny)
Mean cadmium content in grain and mean values of baking quality features of spring wheat grown on soil not contaminated with cadmium (Exp. Station Puławy-Osiny)

Odmiana Cultivar			
Igna	Sigma	Eta	Hera
Zawartość kadmu w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ — Cadmium content in $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (NIR /LSD -0,028)			
0,14±0,057	0,11±0,033	0,11±0,018	0,10±0,020
Zawartość glutenu mokrego w % — Wet gluten content in % (NIR / LSD -2,54)			
34,70±5,05	36,48±3,09	39,70±8,05	37,72±6,52
Zawartość glutenu suchego w % — Dry gluten content in % (NIR / LSD -0,74)			
11,09±1,68	11,64±0,87	12,50±2,63	11,88±2,08
Indeks glutenu w % — Gluten index in % (NIR /LSD — 15,09)			
90,0±11,86	72,5±16,38	46,1±14,10	37,7±16,61
Zawartość białka w % — Protein content in % (NIR / LSD -0,88)			
14,24±1,38	13,66±0,79	14,80±1,20	14,18±1,23

± Odchylenie standardowe; Standard deviation

W warunkach wysokiego zanieczyszczenia gleby kadmem zawartości tego pierwiastka w ziarnie poszczególnych odmian była zasadniczo odmienna niż na glebie nie zanieczyszczonej. Największą zawartość kadmu stwierdzono w ziarniakach pszenicy odmiany Sigma, u której takie cechy jakości jak zawartość glutenu mokrego i suchego były na wysokim poziomie (tab. 2). Ciekawe, że najmniej kadmu zawierało ziarno odmiany

Igna, które charakteryzowało się nieco mniejszą (o 2%–9%) zawartością glutenu, ale był on zdecydowanie najmocniejszy (najwyższy indeks glutenu).

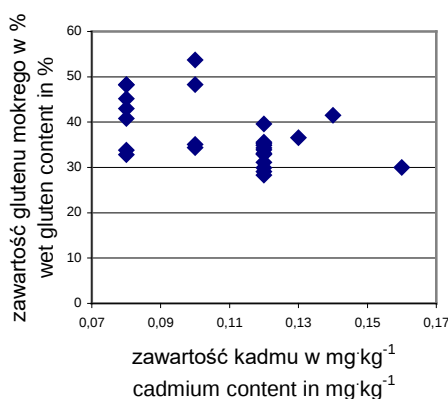
Tabela 2

Średnia zawartość kadmu w ziarnie pszenicy jarej oraz średnie wartości cech decydujących o jakości wypiekowej pszenicy rosnącej w glebie zanieczyszczonej kadmem w ilości 4mg Cd·kg⁻¹ (SD Puławy Osiny)
Mean cadmium content in grain and mean values of baking quality features of spring wheat grown on soil contaminated by 4mg Cd·kg⁻¹ (Exp. Station Puławy-Osiny)

Odmiana Cultivar			
Igna	Sigma	Eta	Hera
Zawartość kadmu w mg·kg ⁻¹ — Cadmium content in mg·kg ⁻¹ (NIR /LSD -0,48)			
1,59±0,34	2,24±0,62	1,79±0,40	2,00±0,35
Zawartość glutenu mokrego w % — Wet gluten content in % (NIR /LSD -1,89)			
36,00±3,12	39,27±5,42	39,69±1,87	38,36±3,72
Zawartość glutenu suchego w % — Dry gluten content in % (NIR / LSD -0,59)			
11,49±0,87	12,63±2,05	12,40±0,61	12,27±1,25
Indeks glutenu w % — Gluten index in % (NIR / LSD -20,1)			
91,1±10,95	73,0±14,18	50,8±5,66	34,0±13,65
Zawartość białka w % — Protein content in % (NIR / LSD — r.n./not significant differences)			
14,39±0,73	14,19±1,14	14,99±0,54	14,42±0,94

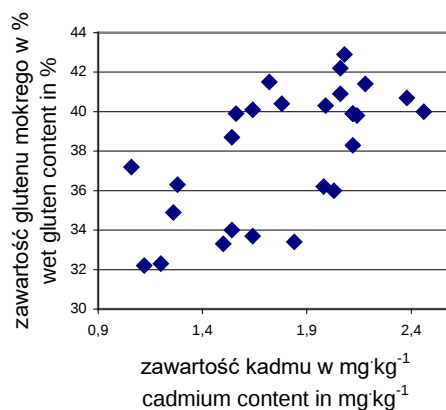
± Odchylenie standardowe; Standard deviation

Przeprowadzona analiza związku zawartości kadmu w ziarnie z cechami jakości ziarna decydującymi o ich przydatności do wypieku pieczywa wykazała brak istotnej korelacji w tym względzie w przypadku pszenicy uprawianej na glebie nie zanieczyszczonej (rys. 1).



Rys. 1. Zawartość glutenu mokrego w zależności od zawartości kadmu w ziarnie pszenicy jarej (gleba niezanieczyszczone) (n = 26; r²= 0,05)

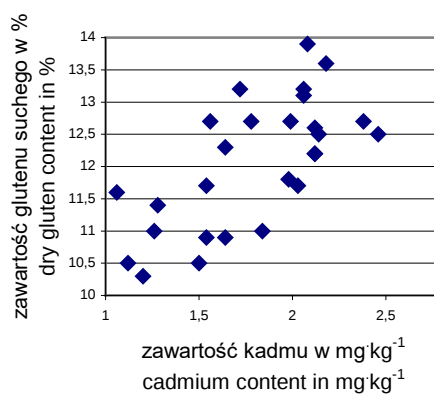
Fig. 1. Wet gluten content depending on cadmium content in grain of spring wheat (soil not contaminated)



Rys. 2. Zawartość glutenu mokrego w zależności od zawartości kadmu w ziarnie pszenicy jarej (gleba zanieczyszczona 4 mg Cd·kg⁻¹) (n = 26; r²=0,41; p = 0,000358; y = 0,075638 x – 1,08278)

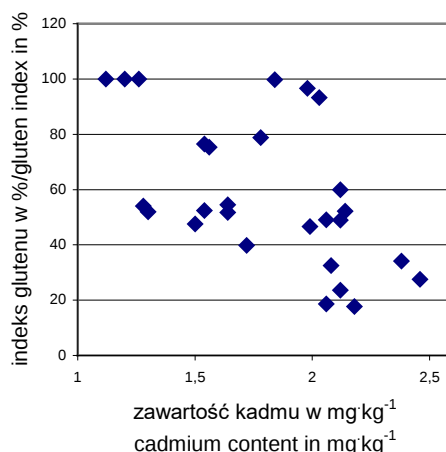
Fig. 2. Wet gluten content depending on cadmium content in grain of spring wheat (soil contaminated with 4 mg Cd·kg⁻¹)

Natomiast w warunkach gleby zanieczyszczonej zależność taka była duża. Wyrażała się ona dodatnią korelacją pomiędzy zawartością glutenu mokrego i suchego oraz białka a zawartością kadmu (rys. 2, 3). Pobieranie kadmu z zawartością białka łączyła Grant (2001). W badaniach tej autorki wraz ze wzrostem zawartości białka rosła ilość kadmu w ziarnie. Przy czym czynnikiem decydującym o wzroście zawartości białka było nawożenie azotem.



Rys. 3. Zawartość glutenu suchego w zależności od zawartości kadmu w ziarnie pszenicy jarej (gleba zanieczyszczona 4 mg Cd·kg⁻¹) (n = 26; r² = 0,46; p = 0,000108; y = 0,264868 x – 1,39956)

Fig. 3. Dry gluten content depending on cadmium content in grain of spring wheat (soil contaminated with 4 mg Cd·kg⁻¹)



Rys. 4. Indeks glutenu w zależności od zawartości kadmu w ziarnie pszenicy jarej (gleba zanieczyszczona 4 mg Cd·kg⁻¹) (n = 26; r² = 0,28; p = 0,004833; y = 0,00782 x + 2,260245)
Fig. 4. Gluten index depending on cadmium content in grain of spring wheat (soil contaminated with 4 mg Cd·kg⁻¹)

Indeks glutenu określający jego jakość skorelowany był ujemnie z zawartością kadmu w ziarnie (rys. 4). Oznacza to istnienie tendencji do zwiększonego pobierania kadmu przez odmiany o gorszym glutenie. Reasumując należy stwierdzić, że przeprowadzone badania potwierdziły wykazane przez Clark wsp. (2002) związki korelacyjne pomiędzy cechami jakości ziarna a zawartością w nim kadmu.

WNIOSKI

1. Zawartość kadmu w ziarnie pszenicy jarej rosnącej w warunkach gleby niezanieczyszczonej była niezależna od zawartości białka w ziarnie oraz ilości glutenu mokrego i suchego.
2. Pobieranie kadmu przez pszenicę jarą z gleby zanieczyszczonej było w ścisłym związku korelacyjnym z analizowanymi cechami jakości ziarna.

LITERATURA

- Chaudri A. M., Allain C. M. G., Badawy S. H., Adams M. L., McGrath S. P., Chambers B. J. 2001. Cadmium content of wheat grain from a long term field experiment with sewage sludge. *J. Environ. Quality* 30: 1575 — 1580.
- Clarke J. M., Norvell W. A., Clarke F. R., Buckley W. T. 2002. Concentration of cadmium and other elements in the grain of near-isogenic durum lines. *Canadian J. Plant Sci.* 82: 27 — 33.
- Commission of the European Communities. Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Commission Regulation 466, 2001. *Official J. Eur. Communities L* 77: 1 — 13.
- Grant C. A. 2001. Seeding date, environmental conditions and application effect on quality of durum wheat: protein level and Cd concentration. <http://www.gov.mb.ca/agriculture/research/ardi/projects/98-146.html>.

- Gray C. W., McLaren R. G. 2001. Cadmium concentration in some New Zealand wheat grain. *New Zealand Crop Hort. Sci.* 29: 125 — 136.
- Greger M., Lofstedt M. 2004. Comparison of uptake and distribution of cadmium in different cultivars of bread and durum wheat. *Crop Sci.* 44: 501 — 507.
- Hutton M. 1982. Cadmium in the European Community: A prospective assessment of sources, human exposure and environmental impact. Monitoring and Assessment Res. Centre. Tech. Rep., 26, Univ. of London, UK.
- McLaughlin M. J., Maier N. A., Correl R. L., Smart M. K., Sparrow L. A., McKay A. 1999. Prediction of cadmium concentration in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) by pre-plant soil and irrigation water analyses. *Australian J. Soil Res.* 37: 191 — 207.
- McLaughlin M. J., Palmer L. T., Tiller K. G., Beech T. A., Smart M. K. 1994. Increased soil salinity causes elevated cadmium concentration in field-grown potato tubers. *J. Environ. Quality* 23: 1013 — 1018.
- Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Rada Monitoringu Jakości Gleb, Roślin, Produktów Rolniczych i Spożywczych: Raport z badań monitoringowych jakości gleb, roślin, produktów rolniczych i spożywczych w 2001 roku. Warszawa 2002.
- Nath R., Prasad R., Palinal V. K., Chopra R. K. 1984. Molecular basis of cadmium accumulation. *Progr. Food Nutr. Sci.* 18: 109 — 163.
- Norvell W. A., Wu J., Hopkins D. G., Welch R. M. 2000. Association of cadmium in durum wheat grain with soil chloride and chelate-extractable soil cadmium. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 2162 — 2168.
- Smolders E., Lambregts R. M., McLaughlin M. J., Tiller K. G. 1998. Effect of soil solution chloride on cadmium availability to Swiss Chard. *J. Environ. Qual.* 27: 426 — 431.
- Zook E. G., Greene F. E., Morris E. R. 1970. Nutrient composition of selected wheat's and wheat products. *Cereal Chem.* 47: 720 — 731.