

Ewa Kucharczak*, Andrzej Moryl**

**ZAWARTOŚĆ METALI W ROŚLINACH UPRAWNYCH POCHODZĄCYCH
Z REJONU ZGORZELECKO-BOGATYŃSKIEGO
CZĘŚĆ 1. OŁÓW, KADM, GLIN**

**CONTENTS OF METALS IN CULTIVATED PLANTS IN ZGORZELEC-
BOGATYNIA REGION
PARTS 1. LEAD, CADMIUM, ALUMINIUM**

Słowa kluczowe: ołów, kadm, glin, rośliny uprawne, region zgorzelecko-bogatyński.

Key words: lead, cadmium, aluminium, cultivated plants, Zgorzelec-Bogatynia region.

Zgorzelec-Bogatynia region is one of areas about considerable degradation of natural environment. Mine and Power Station "Turów" situated on this area contributes to metals emission in significant degree, which accumulates for example in cultivated plants. Research were made in area of influence mentioned above emitters (a-Bogatynia, Działoszyn, Bratków, Wyszków, Wolanów), as well as outside their range of influence – central and northern part of Zgorzelec administrative district (b-Zgorzelec, Jerzmani, Łagów, Jagodzin, Gronów, Sławnikowice). Directly from fields, situated in research area, samples of grass, corn, potatoes, buckwheat, and additionally from farms hay, straw and grain of cereals: wheat, oat, triticale, were collected. Plant material, after drying and grinding, was mineralized dry in muffle furnace in temperature 450°C. In mineralizate by plasma spectrometry method, on Varian Liberty 220 apparatus, contents of lead, cadmium and aluminium were determined.

Increased contents of lead and aluminium, received in research, in samples of grass and corn, and additionally content of aluminium in bulbs of potatoes, coming from area of Mine and Power Station "Turów" influence, indicated their significant participation in emission of both metals. Most samples of plants meets standards of lead and aluminium included in

* Ewa Kucharczak, dr nauk weterynaryjnych – Katedra Biochemii, Farmakologii i Toksykologii, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Norwida 31, 50-375 Wrocław; kontakt: tel. 71 3205431; e-mail: ewa.kucharczak@up.wroc.pl

** dr Andrzej Moryl – Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, pl.Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław; kontakt: tel. 71 3205548; e-mail: andrzej.moryl@up.wroc.pl

Health Minister Decree. In comparison to research conducted over twenty years ago, quantity of lead and cadmium became significant reduction, with the exception of contents in bulbs of potatoes, where significant increase of their level was observed.

1. WPROWADZENIE

Region zgorzelecko-bogatyński należy do jednego z najbardziej zdegradowanych ekologicznie obszarów w Europie. Przyczyniła się do tego działalność wydobywacza Kopalni „Turów”, która rozwijała się na tym obszarze już od połowy XVIII wieku, oraz stosowanie przestarzałych technologii przez powstałą na przełomie lat 50. i 60. – Elektrownię „Turów” i podobne inwestycje energetyczne zlokalizowane po stronie niemieckiej i czeskiej. Efektem długotrwałej działalności tych zakładów, zarówno Kopalni i Elektrowni „Turów”, jak i zakładów zlokalizowanych za granicą, była wielkoobszarowa dewastacja powierzchni gleby, zwiększona pierwotna emisja metali ciężkich, spotęgowana dodatkowo emisją wtórną, przez pylenie z hałd i składowisk, ponadnormatywne zanieczyszczenie powietrza dwutlenkiem siarki i tlenkami azotu, a gleby i wód związkami metali ciężkich. Elektrownia i Kopalnia zostały umieszczone na opublikowanej w styczniu 1990 r. przez Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa „Liście 80 zakładów najbardziej uciążliwych dla środowiska w skali kraju”. W związku z tym, zarówno oba wymienione zakłady, jak i te zlokalizowane po stronie czeskiej i niemieckiej, podjęły wspólne, nasilone działania proekologiczne. W Kopalni „Turów” zastosowano odsiarczanie spalin, rozpoczęto rekultywację wyrobisk kopalnianych, a w Elektrowni „Turów” zmodernizowano bloki energetyczne. I tak na przełomie lat 1995-1996 zanotowano wyraźne zmniejszenie emisji SO₂, NO₂ oraz pyłów do atmosfery. W listopadzie 2000 r. Kopalnia „Turów” i w kwietniu 2001 r. Elektrownia „Turów” zostały skreślone z listy 80 zakładów najbardziej uciążliwych w kraju. Jednak mimo znacznych nakładów proekologicznych powiat zgorzelecki nadal znajduje się na pierwszym miejscu w województwie dolnośląskim pod względem emisji zanieczyszczeń gazowych oraz pyłowych. Wskazują na to procentowe ilości emitowanych przez te zakłady zanieczyszczeń pyłowych (25,1%), dwutlenku siarki (32,8%) oraz dwutlenku azotu (29,3%) w odniesieniu do sumarycznej emisji z zakładów kontrolowanych przez WIOŚ w 2005 r. [Raport... 2006]. Poważnym problemem w tym rejonie jest także nadmierna emisja metali ciężkich. Uważa się, że to właśnie procesy energetycznego wykorzystania paliw w największym stopniu przyczyniają się do zwiększonej emisji metali do atmosfery. Jeżeli chodzi o kadm stanowi to 70% całej emisji krajowej, a ołów – 36 %, podczas gdy emisje tego ostatniego metalu ze środków transportu kształtują się na poziomie 27%. W celu rozwiązania tego problemu Polska, wspólnie z 33 innymi sygnatariuszami, podpisała w czerwcu 1998 r. „Protokół w sprawie metali ciężkich do Konwencji w sprawie transgranicznego zanieczyszczenia powietrza na dalekie odległości” [Krajowa strategia ... 2002]. Zawarte w tym protokole zalecenia zwraca-

cają szczególną uwagę na przemysł energetyczny i wydobywczy jako główne źródła metali w środowisku naturalnym. Jednym wśród zobowiązań wynikających z tego protokołu, jest rozszerzenie badań i monitoringu zawartości metali w środowisku biotycznym i abiotycznym oraz skutków oddziaływania na zdrowie ludzi i jakość środowiska. Ważnym problemem, na który należy zwrócić szczególną uwagę, jest opracowanie metod ograniczania emisji metali oraz zbieranie informacji o ich zawartościach w produktach pochodzenia zwierzęcego i roślinnego, pochodzących z takich rejonów. W związku z tym produkcja rolnicza w rejonach oddziaływania przemysłu energetycznego powinna być powiązana z monitorowaniem środowiska, zwłaszcza ze względu na emisję pierwiastków toksycznych, które deponowane w roślinach uprawnych, a następnie w tkankach i narządach zwierząt gospodarskich, mogą pośrednio wywoływać niepożądane skutki fizjologiczne i zdrowotne u ludzi.

Elektrownia i Kopalnia „Turów” od wielu lat wprowadzają metody zmniejszenia emisji metali ciężkich do środowiska. W pewnym stopniu ogranicza to kumulację tych metali w glebie, roślinach i tkankach zwierząt, jednak działania te (inwestycje i zmiany technologiczne), nie eliminują całkowicie ich niekorzystnego wpływu [Gruca-Królikowska, Waclawek 2006, Węglarzy 2007].

Przedstawione w opracowaniu badania dotyczą oceny zawartości metali ciężkich (Pb, Cd, Al) w roślinach i paszach, pochodzących z rejonu oddziaływania Kopalni i Elektrowni „Turów” w kontekście ich przydatności konsumpcyjnej. Dokonano również analizy porównawczej zawartości tych metali w roślinach pochodzących spoza rejonu oddziaływania wymienionych wyżej emiterów.

2. METODYKA BADAŃ

Badania przeprowadzono w rejonie oddziaływania Elektrowni i Kopalni „Turów” – gmina Bogatynia (a-Bogatynia, Działoszyn, Bratków, Wyszaków, Wolanów) oraz usytuowanych w centralnej i północnej części powiatu zgorzeleckiego, poza zasięgiem bezpośredniego oddziaływania wspomnianych emiterów (Zgorzelec, Jerzmannki, Łągów, Jagodzin, Gronów, Sławnikowice).

Bezpośrednio z pól pobierano próbki traw, kukurydzy, ziemniaków, gryki, a z gospodarstw rolnych siana, słomy oraz ziarna zbóż: pszenicy, owsa i pszenżyta. Łącznie z obydwu rejonów badawczych pobrano do badań laboratoryjnych 60 próbek roślin i pasz, z okresu letnio-jesiennego lat 2006 i 2007. Próbkę pasz i roślin, pochodzące z tego samego miejsca analizowano w dwóch powtórzeniach.

Materiał roślinny, po wysuszeniu i zmieleniu poddano procesowi mineralizacji na sucho w piecu muflowym, w temperaturze 450°C. W uzyskanym mineralizacie oznaczano metodą spektrometrii plazmowej, na aparacie Liberty 220 firmy Varian, zawartość ołowiu, kadmu i glinu. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej, obliczając średnie zawartości tych metali i odchylenia standardowe.

3. WYNIKI I Dyskusja

Elektrownie i kopalnie są głównym źródłem zanieczyszczeń pyłowych, które mogą być przenoszone na znaczne odległości. Działają one zarówno na gleby, jak i na części nadziemne roślin, jako opad suchy lub mokry [Gruca-Królikowska, Waclawek 2006]. Pobierane mogą być przez rośliny z gleb, szczególnie intensywnie zakwaszanych na skutek kwaśnych deszczy [Rosada 2007]. Wiele związków metali ciężkich, takich jak: ołów, kadm czy glin, w glebach o takim odczynie ulega rozkładowi do wolnych jonów metali, łatwo przyswajalnych przez rośliny. Metale te pobrane przez korzenie zostają wbudowane w tkanki roślinne, stając się źródłem zagrożenia dla zwierząt i ludzi, gdzie akumulują się przez dłuższy czas do zawartości toksycznych [Węglarzy 2007]. Ponieważ takie nagromadzenie niektórych pierwiastków w tkankach zwierząt czy ludzi może być przyczyną wielu poważnych chorób, istnieje potrzeba kontroli ich zawartości. Dotyczy to szczególnie ilości wymienionych metali w częściach użytkowych roślin: w ziarnie, bulwach, nasionach i korzeniach, również w celu uzyskania informacji o zastosowaniu odpowiednich zabiegów agrotechnicznych, zapobiegających przedostawaniu się metali do kolejnych ogniw łańcucha troficznego.

Ołów. Jednym z najbardziej znanych metali ciężkich, stanowiącym duże zagrożenie dla organizmów żywych, jest ołów. Ważnym źródłem zanieczyszczenia roślin tym metalem są jego emisje związane z motoryzacją, jak również działalnością przemysłową (kopalnie i huty) oraz rolnictwem – nawozy sztuczne [Węglarzy 2007, Jarosz 1994, Dobrzański i in. 2003]. Udział ołowiu pochodzenia atmosferycznego w jego całkowitej zawartości w roślinach wynosi 73–95% i to nie tylko w liściach roślin, ale również w korzeniach, ziarnie czy słomie [Bednarek, Tkaczyk, Dresler 2008]. Pobieranie ołowiu z gleby jest natomiast ograniczone, ponieważ istnieje bariera korzeniowa ograniczająca przyswajalność [Gruca-Królikowska, Waclawek, 2006]. Krytyczne stężenia ołowiu dla roślin w glebie jest trudno ustalić – proponowany jest zakres 30–300 mg·kg⁻¹ [Kabata – Pendias, Pendias 1999]. Według załącznika do rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 r. (poz.326) maksymalny poziom zanieczyszczenia tym metalem w produktach pochodzenia roślinnego wynosi: w ziemniakach 0,10 mg·kg⁻¹ s.m., w zbożach–pszenicy i kukurydzy: 0,20 mg·kg⁻¹ s.m. [2003]. Zawartości tego metalu w roślinach, zaproponowane przez Kabatę-Pendias [1999], pozwalają na konsumpcję roślin o zawartości nie większej niż 1,0 mg Pb·kg⁻¹ s.m., a podana przez Gorlacha [1991] zawartość 0,1–1,0 mg·kg⁻¹ s.m. uważana jest jako bezpieczna w paszach. Z kolei według ramowych wytycznych dla rolnictwa opublikowanych przez IUNG w Puławach [Ramowe... 1993] dozwolone wartości ołowiu (NDS) wynoszą w pszenicy 5–10 mg·kg⁻¹ s.m., w ziemniakach 10 mg·kg⁻¹ s.m., w trawie (w sianie) 10 mg·kg⁻¹ s.m. Podobną zawartość ołowiu jako dozwoloną w paszy z użytków zielonych (trawy i produkowane z niej siano, sianokiszonki i kiszonki) zaproponowała Baran i wsp. [2007]. Ponieważ pasza ta jest najczęściej przeznaczona dla zwierząt, a w badaniach środowiskowych wykorzystywana jako dobry indyktor zanieczyszczenia środowiska, większość publikacji dotyczy badań zawartości ołowiu w trawach pochodzących z rejonów przemysłowych

i okolic tras komunikacyjnych [Jarosz 1994, Dobrzański i in. 2003, Baran i in. 2007, Blamowski i in. 1991, Filipek- Mazur i in. 2007]. Uzyskane przez różnych autorów wyniki zawierające się w granicach od 4,95 do 26,4 mg Pb·kg⁻¹ s.m. w pobliżu tras komunikacyjnych, w porównaniu z wynikami pochodzącymi z terenów przemysłowych (okolice zagłębia węglowego i przemysłu miedziowego), tj. zawartością od 0,4 do 1,11 mg Pb·kg⁻¹ s.m., wskazują, że mimo wycofania z użycia benzyny zawierającej ołów w dalszym ciągu jest to największe źródło tego metalu w środowisku. Potwierdzają to również ilości ołowiu stwierdzone w bulwach ziemniaków: 1,0–3,1 mg Pb·kg⁻¹ s.m. w okolicach tras komunikacyjnych; 0,4–0,97 mg Pb·kg⁻¹ s.m. w rejonach przemysłowych oraz 0,049 mg Pb·kg⁻¹ s.m. w rejonach rolniczych [Jarosz 1994, Blamowski i in. 1991, Filipek-Mazur i in. 2007, Buczek i in. 2007, Filipek-Mazur i in. 2007, Bednarek i in. 2006, Kwasowski, Kozanecka 2008]. Uzyskane w badaniach własnych zawartości ołowiu w roślinach uprawnych pochodzących z obydwu rejonów badawczych (tab. 1 i 2) mieszczą się w granicach tolerowanych przez rośliny, jak również spełniają kryteria ustalone przez IUNG [1993]. Według norm zaproponowanych przez Kabatę-Pendias [1999] nie spełniają jej trawy oraz bulwy ziemniaków, pochodzące z rejonów oddziaływania Kopalni „Turów” i Elektrowni „Turów” oraz siano pobrane z okolic będących poza zasięgiem wyżej wymienionych emiterów. W rozporządzeniu Ministra Zdrowia [2003] wskazuje się na przekroczenie norm zawartości ołowiu w bulwach ziemniaków pochodzących z obydwu rejonów badawczych oraz kukurydzy z okolic Turowszowa i ziarnie pszenicy z rejonu, będącego poza ich zasięgiem. W porówna-

Tabela 1. Średnia zawartość ołowiu w roślinach uprawnych (średnia ± odchylenie standardowe; n= 9) w mg·kg⁻¹ s.m.

Table 1. The average content of lead in cultivated plants (mean ± standard deviation n=9) in mg·kg⁻¹ d.m.

Rejon badań	Rośliny uprawne			
	trawy	ziemniaki	kukurydza	gryka
a	2,383 ± 0,966	1,696 ± 0,218	0,920 ± 0,140	0,858 ± 0,265
b	1,377 ± 0,799	1,810 ± 0,591	0,176 ± 0,009	–

Objaśnienia: a-rejon oddziaływania Elektrowni i Kopalni „Turów” i b-rejon poza zasięgiem oddziaływania tych emiterów, – nie stwierdzono.

Tabela 2. Średnia zawartość ołowiu w roślinach uprawnych (średnia ± odchylenie standardowe, n= 9) w mg·kg⁻¹ s.m.

Table 2. The average content of lead in cultivated plants (mean ± standard deviation; n=9) in mg·kg⁻¹ d.m.

Rejon badań	Rośliny uprawne				
	siano	stoma	pszenica	owies	pszenżyto
a	0,656±0,142	0,405±1,157	0,152±0,003	0,164±0,212	0,083±0,016
b	1,452±0,784	0,653±0,384	0,239±0,002	–	–

Objaśnienia: jak w tab. 1.

niu z wynikami badań wykonanych na początku lat 80. ilość ołowiu w ziarnie pszenicy, owsa i pszenżyta oraz w sianie z traw zmniejszyła się znacznie, jedynie w bulwach ziemniaków zaobserwowano znaczny wzrost zawartości ołowiu [Szkoda i in. 1994].

Kadm. Metalem stosunkowo łatwo i intensywnie pobieranym przez rośliny, proporcjonalnie do stężenia w środowisku, jest kadm [Gruca-Królikowska, Waclawek 2006]. Głównym źródłem tego metalu jest przemysł hutniczy i chemiczny. W rejonie turoszowskim były to też pyły z elektrowni opalanych węglem brunatnym, również z terenu byłej NRD [Węglarzy 2007]. Bardzo dużo tego metalu gromadzi się m.in. w ziemniakach, a jego zawartość w roślinach pastewnych jest czułym wskaźnikiem zawartości kadmu w powietrzu atmosferycznym [Bednarek i in. 2008, Buczek i in. 2007, Bednarek i in. 2006, Mundała, Szwałec 2008].

Roślinność łąkowa pobiera ponad 50% kadmu z powietrza atmosferycznego [Jarosz 1994, Filipek-Mazur i in. 2007]. Uzyskane w badaniach własnych (tab. 3 i 4) zawartości tego metalu we wszystkich badanych próbkach mieszczą się w zakresie wartości zaproponowanych jako dopuszczalne przez Kabatę-Pendias [1999], tj. $0,15 \text{ mg Cd} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ Zawartość kadmu w ziarnie pszenicy i kukurydzy nie przekracza norm określonych w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 r. [Rozporządzenie... 2003]. Jedynie w ziemniakach pochodzących z rejonu oddziaływania Kopalni „Turów” i Elektrowni „Turów” zaobserwowano wyższe od przewidzianej normy zawartości tego metalu. Również w trawach nie stwierdzono przekroczenia zawartości kadmu zaproponowanych przez Baran

Tabela 3. Średnia zawartość kadmu w roślinach uprawnych [średnia \pm odchylenie standardowe, n= 9] w $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$

Table 3. The average content of cadmium in cultivated plants (mean \pm standard deviation, n=9) in $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ d.m.}$

Rejon badań	Rośliny uprawne			
	trawy	ziemniaki	kukurydza	gryka
a	$0,101 \pm 0,103$	$0,071 \pm 0,027$	$0,015 \pm 0,002$	$0,568 \pm 0,137$
b	$0,118 \pm 0,029$	$0,054 \pm 0,042$	$0,019 \pm 0,001$	–

Objaśnienia: jak w tab.1.

Tabela 4. Średnia zawartość kadmu w roślinach uprawnych [średnia \pm odchylenie standardowe, n= 9] w $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$

Table 4. The average content of cadmium in cultivated plants (mean \pm standard deviation, n=9) in $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ d.m.}$

Rejon badań	Rośliny uprawne				
	siano	słoma	pszenica	owies	pszenżyto
a	$0,044 \pm 0,019$	$0,024 \pm 0,003$	$0,041 \pm 0,001$	$0,035 \pm 0,003$	$0,009 \pm 0,002$
b	$0,149 \pm 0,049$	$0,041 \pm 0,004$	$0,038 \pm 0,001$	–	–

Objaśnienia: jak w tab.1.

i wsp. ($0,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) [2007]. W porównaniu z wynikami badań prowadzonych przeszło 20 lat temu wyraźnie zmniejszyła się zawartość kadmu w ziarnach zbóż i sianie, podobnie natomiast jak w odniesieniu do zawartości ołowiu zaobserwowano wyższe zawartości tego metalu w ziemniakach [Szkoda i in. 1994, Kołwzan 1988].

Glin. Pierwiastkiem śladowym, przypuszczalnie niezbędnym dla roślin, lecz w nadmiarze szkodliwym, jest glin. Głównym jego źródłem dla roślin jest gleba, ale część przyswajana jest z pyłu atmosferycznego i opadów deszczowych [Barszczak, Biłski 1983]. Współczesny proces zakwaszenia gleb, co wiąże się ze zwiększaniem się zawartości siarki w glebie, znacznie zwiększa aktywność glinu [Węglarzy 2007]. Gleby rejonu zgorzeleckiego mają przede wszystkim wyraźny odczyn kwaśny, dlatego rośliny z tego rejonu gromadzą znaczne ilości omawianego metalu [Węglarzy 2007]. Szczególnie wrażliwe na jego duże stężenia w roztworze glebowym są zboża: jęczmień i pszenica, średnio wrażliwe – ziemniaki, a bardzo tolerancyjne – żyto i kukurydza.

W większości krajów nie opracowano norm regulujących poziom tego metalu w paszach, tkankach zwierząt oraz produktach spożywczych. Badanie zawartości glinu w roślinach, szczególnie uprawianych na glebach kwaśnych, jest istotnym problemem zarówno w skali światowej, jak i naszego kraju. Chociaż jest to metal o niewielkiej toksyczności ostrej (LD_{50} wynosi dla ssaków $770\text{--}980 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ m.c.}$), to przy długotrwałym narażeniu prowadzi do zaburzeń we krwi oraz w układzie pokarmowym, nerwowym i kostnym. Występowanie glinu w roślinności nie wykazuje regularności. Według danych opublikowanych przez Kabatę-Pendias [1999] największe ilości tego metalu zawierają trawy (w zakresie od 7 do $3410 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$), oraz ziarna zbóż, które mogą być głównymi źródłami glinu w żywności (kukurydza – 2,6; ziarno pszenicy – 31,0; owies $47,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$) oraz ziemniaki zawierające $76 \text{ mg Al} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m}$ [Brzeziński 2004]. Badania własne autorów niniejszej publikacji, przeprowadzone w rejonie zgorzeleckim, wykazały największą zawartość tego metalu w trawach pochodzących z obydwu rejonów badawczych, w sianie z północnego rejonu powiatu zgorzeleckiego oraz w bulwach ziemniaków pobranych z rejonu oddziaływania Kopalni i Elektrowni „Turów”. Najmniejsze ilości stwierdzono w ziarnie zbóż i kukurydzy zebranych w obydwu rejonach badawczych (tab. 5 i 6).

Tabela 5. Średnia zawartość glinu w roślinach uprawnych (średnia \pm odchylenie standardowe, $n=9$) w $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$

Table 5. The average content of aluminium in cultivated plants (mean \pm standard deviation, $n=9$) in $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ d.m.}$

Rejon badań	Rośliny uprawne			
	trawy	ziemniaki	kukurydza	gryka
a	211,400 \pm 42,409	293,697 \pm 99,797	1,761 \pm 0,388	363,153 \pm 116,259
b	197,476 \pm 76,790	7,134 \pm 3,527	0,601 \pm 0,040	–

Objaśnienia: jak w tab.1.

Tabela 6. Średnia zawartość glinu w roślinach uprawnych (średnia \pm odchylenie standardowe, $n=9$) w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.

Table 6. The average content of aluminium in cultivated plants (mean \pm standard deviation, $n=9$) in $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ d.m.

Rejon badań	Rośliny uprawne				
	siano	słoma	pszenica	owies	pszenżyto
a	62,665 \pm 18,881	16,216 \pm 3,726	5,989 \pm 2,131	21,499 \pm 515	2,724 \pm 0,014
b	279,385 \pm 18,592	0,087 \pm 0,018	19,277 \pm 3,288	–	–

Objaśnienia: jak w tab. 1.

4. WNIOSKI

1. Zwiększona zawartość ołowiu i glinu w próbkach traw i kukurydzy, a także glinu w bulwach ziemniaków, pochodzących z rejonu oddziaływania Kopalni i Elektrowni „Turów”, wskazuje na znaczny udział obu zakładów w emisji tych metali.
2. Większość próbek roślin spełnia normy zawartości ołowiu i kadmu zawarte w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 r. [Rozporządzenie... 2003]. Wyjątek stanowi zawartość ołowiu w ziemniakach, kukurydzy i pszenicy oraz kadmu w bulwach ziemniaków.
3. W porównaniu do badań prowadzonych ponad 20 lat temu zawartość ołowiu i kadmu w roślinach uległa znacznemu zmniejszeniu, z wyjątkiem zawartości w bulwach ziemniaków, gdzie zaobserwowano znaczne jej zwiększenie.

PIŚMIENNICTWO I AKTY PRAWNE

- BARAN A., SPAŁEK I., JASIEWICZ CZ. 2007. Zawartość metali ciężkich w roślinach i grun-
tach przylegających do wybranych stacji paliw w Krakowie. Materiały II Krakowskiej
Konferencji Młodych Uczonych. Kraków 2007: 265–272.
- BARSZCZAK T., BILSKI J. 1983. Działanie glinu na rośliny. Postępy Nauk Rol., 3(83): 23–30.
- BEDNAREK W., TKACZYK P., DRESLER S. 2006. Zawartość metali ciężkich jako kryterium
oceny jakości bulw ziemniaka. Annales UMCS, Sec. E, 61: 12–131.
- BEDNAREK W., TKACZYK P., DRESLER S. 2008. Zawartość metali ciężkich jako kryterium
oceny jakości ziarna pszenicy ozimej. Acta Agroph. 12 (2): 315–326.
- BLAMOWSKI Z.K., SZYMAŃSKA M., RUKASZ I. 1991. Zawartość metali ciężkich w roślin-
nach rosnących na obrzeżach Lublina i obszarze Lubelskiego Zagłębia Węglowego.
Arch. Ochrony Środ. 3 i 4: 79–89.
- BRZEZIŃSKI M. 2004. Wpływ zakwaszenia gleby na zawartość glinu w roślinach. Annales
UMCS, Sec. E 59(3): 1313–1317.

- BUCZEK J., TOBIASZ-SALACH R., SZPUNAR-KROK E. 2007. Przydatność konsumpcyjna ziemniaków i warzyw uprawianych w pobliżu dróg regionu rzeszowskiego. *Acta Agroph.* 10(2): 293–301.
- DOBRZAŃSKI Z., KOŁACZ R., GÓRECKA H., MALARZ W., RUDNICKA A., 2003. Wpływ przemysłu miedziowego na zawartość miedzi, ołowiu i cynku w roślinach paszowych. *Acta Agroph.* 1(2): 233–238.
- FILIPEK- MAZUR B., GONDEK K., MAZUR K. 2007. Oddziaływanie zanieczyszczeń komunikacyjnych wzdłuż drogi krajowej nr 4 (Bochnia-Sędziszów Małopolski) na zawartość pierwiastków śladowych w glebie i runi łąkowej. *Zesz.Probl.Post.Nauk Rol.* 520: 31–37.
- FILIPEK- MAZUR B., GONDEK K., MAZUR K. 2007. Zawartość metali ciężkich w glebach i roślinach z terenów zlokalizowanych wzdłuż odcinka drogi krajowej nr 4 w granicach powiatu ropczycko-sędziszowskiego, cz. 3. Zawartość metali ciężkich w runi łąkowej. *Ecol.Chem.Ing.* 14(5–6): 445–449.
- GORLACH E. 1991. Zawartość pierwiastków śladowych w roślinach pastewnych jako miernik ich wartości. *Zeszyt Nauk. AR w Krakowie* 262(34): 13–22
- GRUCA-KRÓLIKOWSKA S., WACŁAWEK W. 2006. Metale w środowisku, cz.II. Wpływ metali ciężkich na rośliny. *Chemia, Dydaktyka, Ekologia, Metrologia* 11(1–2): 41–56.
- JAROSZ W. 1994. Zanieczyszczenie metalami ciężkimi traw rosnących na obrzeżach dróg. *Medycyna Wet.* 50(1): 23–26.
- KABATA – PENDIAS A., PENDIAS H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*, PWN. Warszawa.
- KOŁWZAN B. 1988. Ocena mutagennego i rakotwórczego działania metali ciężkich skumulowanych w materiale roślinnym i zwierzęcym. *Materiały Konferencji Naukowej, Kopalnia Węgla Brunatnego „Turów”. Bogatynia* 18–19.05.1988: 1–7.
- Krajowa strategia ograniczania emisji metali ciężkich.** 2000. Dokument przyjęty przez Radę Ministrów 10.12.2002 r. Ministerstwo Środowiska. Warszawa.
- KWASOWSKI W., KOZANECKA T. 2008. Ocena zawartości cynku i ołowiu w wybranych organach wegetatywnych ziemniaków (*Solanum tuberosum*) rosnących przy trasie szybkiego ruchu Warszawa-Poznań. *Materiały X Sympozjum Pierwiastki śladowe w środowisku.* Koszalin-Mielno 11–14.05.2008: 229–230.
- MUNDAŁA P., SZWALEC A. 2008. Ocena zawartości kadmu i cynku w mięszu bulw ziemniaków uprawianych w terenie silnie zanieczyszczonym metalami ciężkimi. *Materiały X Sympozjum Pierwiastki śladowe w środowisku.* Koszalin-Mielno 11–14.05.2008: 264–265.
- Ramowe wytyczne dla rolnictwa.** 1993. Ocena stanu zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. IUNG, Puławy.
- Raport o stanie środowiska w województwie dolnośląskim w 2006 roku.** 2006. Inspekcja Ochrony Środowiska, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska we Wrocławiu, Wrocław.

ROSADA J. 2007. Ekologiczne aspekty wykorzystania obszarów objętych oddziaływaniem emisji hut miedzi do upraw rolniczych. *Postępy Ochrony Roślin* 47(1):119–127.

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 r. w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą znajdować się w żywności, składnikach żywności, dozwolonych substancjach dodatkowych, substancjach pomagających przetwarzaniu albo na powierzchni żywności (Dz.U. 2003. Nr 37, poz. 326; zał. 1).

SZKODA J., MILIAN A., ŻMUDZKI J., GOŁĘBIEWSKI A., SZYPOSZYŃSKI K. 1994. Zawartość wybranych pierwiastków w warzywach, owocach i paszach z regionu bogatyńsko-zgorzeleckiego. *Materiały Konferencji Naukowej. Świeradów Zdrój. 30.05–1.06.1994*: 87–97.

WĘGLARZY K. 2007. Metale ciężkie – źródła zanieczyszczeń i wpływ na środowisko. *Wiad. Zootech.* 45 (3): 31–38.