

Ewa Kucharczak*, Andrzej Moryl**

**ZAWARTOŚĆ METALI W ROŚLINACH UPRAWNYCH POCHODZĄCYCH
Z REJONU ZGORZELECKO-BOGATYŃSKIEGO
CZĘŚĆ 2. ARSEN, CHROM, CYNK, MIEDŹ**

**CONTENTS OF METALS IN CULTIVATED PLANTS IN ZGORZELEC-
BOGATYNIA REGION
PARTS 2. ARSENIC, CHROMIUM, ZINC, COPPER**

Słowa kluczowe: arsen, chrom, cynk, miedź, rośliny uprawne, region zgorzelecko-bogatyński.

Key words: arsenic, chromium, zinc, copper, 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 (1) Bogatynia, Działoszyn, Bratków, Wyszków, Wolanów), as well as outside their range of influence – central and northern part of Zgorzelec administrative district (2) Zgorzelec, Jerzmanki, 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 arsenic, chromium, zinc and copper. Increased content of arsenic and chromium in grass and bulbs of potatoes, coming from area of Mine and Power Station „Turów” influence, indicates on significant participation both factories in emission of these metals. Contents of determined metals in most samples of plants and feeds, with the exception of levels of arsenic in bulbs of potatoes

* *Dr nauk wet. Ewa Kucharczak – Katedra Biochemii, Farmakologii i Toksykologii, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Norwida 31, 50-375 Wrocław; tel.: 71 320 54 31; e-mail: ewa.kucharczak@up.wroc.pl*

** *Dr Andrzej Moryl – Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław, tel.: 71 320 55 48; e-mail: andrzej.moryl@up.wroc.pl*

and grasses coming from area of Power and Mine influence, meets standards included in Health Minister Decree. Higher contents of arsenic, copper and zinc, first of all in bulbs of potatoes, in comparison to research conducted over twenty years ago, indicated on necessity of continuous conducting proecological operations, which increasing of their emission should be the aim.

1. WPROWADZENIE

Pomimo zauważalnej w ostatnich latach poprawy stanu środowiska, co związane jest ze zmniejszoną emisją pyłów i gazów do atmosfery, a także racjonalną gospodarką odpadami, nadal obserwowane jest ciągłe niszczenie zasobów naturalnych. Przyczyną takiego stanu rzeczy mogą być niekontrolowane emisje z zakładów przemysłowych, dynamiczny rozwój motoryzacji oraz nieracjonalne stosowanie środków ochrony roślin. W konsekwencji dochodzi do nadmiernego wzrostu różnego rodzaju zanieczyszczeń, w tym różnych metali. Ponieważ polska energetyka oparta jest przede wszystkim na węglu i w najbliższym czasie sytuacja ta na pewno nie ulegnie zmianie, przemysł energetyczny, korzystający zarówno z węgla kamiennego, jak i brunatnego, jest uważany za jedno z głównych źródeł obecności metali w środowisku [Gruca-Królikowska, Waclawek 2006]. Chociaż podczas spalania paliw kopalnych emitowane są do atmosfery głównie tlenki siarki, azotu, węgla czy pył zawieszony, to również, obecne w paliwach naturalnych, metale: ołów, kadm, rtęć, arsen, chrom, cynk, miedź czy nikiel.

Najważniejszym aktualnie przepisem dotyczącym redukcji tych emisji w krajach Unii Europejskiej jest dyrektywa 96/61/WE (znana jako dyrektywa IPPC) dotycząca zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom oraz ich kontroli. Wytyczne określające najlepsze dostępne techniki są natomiast zawarte w dokumentach referencyjnych (BREF). Głównymi źródłami emisji metali ciężkich są tzw. duże źródła spalania (energetyka), najbardziej restrykcyjne wytyczne dotyczą zatem spalania paliw stałych. Według obowiązujących dyrektyw europejskich i konwencji międzynarodowych najbardziej skuteczną metodą kontrolującą redukcję metali ciężkich ze spalania węgla można osiągnąć przy stosowaniu odpylaczy elektrostatycznych czy filtrów tkaninowych w kombinacji z procesami odsiarczania gazów spalinyowych. Uważa się również, że do zmniejszenia ładunku metali ciężkich emitowanych do atmosfery może przyczynić się jednoczesna redukcja emisji gazów cieplarnianych przez duże obiekty energetyczne, której metody określają Protokół z Kioto i dyrektywa 2001/80/WE [Panasiuk 2007]. Rozwinięcie i wdrożenie tych metod już ograniczyło emisję wielu metali do atmosfery. Na przestrzeni lat 1996–2003 zaobserwowano zmniejszoną 3-krotnie emisję arsenu, 4-krotnie miedzi i przeszło 5-krotnie cynku [Mokrzycki, Uliasz-Bocheńczyk 2006].

Problematyka jakości powietrza była również przedmiotem przyjętej 20 kwietnia 2004 roku przez Parlament Europejski tzw. czwartej dyrektywy, nawiązującej do pochodzącej

jeszcze z 1996 r. ramowej dyrektywy w sprawie jakości powietrza. W dokumencie tym nie ustanowiono limitu wartości granicznych dla wszystkich emitowanych metali, określono jednak wymagania dotyczące monitorowania stężeń rtęci czy arsenu [Wojnar, Wisz 2006, Panasiuk 2006]. Komisja Europejska finansuje również projekt dotyczący prognozy emisji metali ciężkich (DROPS), w ramach którego opracowano scenariusze redukcji m.in. metali do środowiska do roku 2020. I tak według scenariusza BAU+Climate (wdrożenie obowiązujących dyrektyw i konwencji międzynarodowych) prognoza zakłada redukcję emisji metali ciężkich na poziomie 42–66%, a według scenariusza MFTR (wdrożenie rozwiązań technicznych) na poziomie 56–79% [Panasiuk 2007].

Wszystkie uchwalone do tej pory dokumenty zawarte w dyrektywach i konwencjach wskazują, że problem emisji metali ciężkich do atmosfery przez przemysł energetyczny jest ważny i wciąż aktualny. Wiąże się to z zagrożeniem jakości produktów pochodzenia roślinnego, a poprzez ten element łańcucha żywieniowego możliwość kumulacji w organizmie zwierząt i ludzi, co niewątpliwie ma poważny wpływ na ich stan zdrowotny.

Przedstawione w niniejszym opracowaniu badania dotyczą oceny zawartości metali (As, Cr, Zn, Cu) w roślinach i paszach, pochodzących z rejonu oddziaływania Kopalni i Elektrowni „Turów”, w kontekście ich przydatności konsumpcyjnej. Dokonano również analizy porównawczej z roślinami pochodzącymi spoza rejonu oddziaływania wymienionych emiterów.

2. METODYKA BADAŃ

Badania zawartości arsenu, chromu, cynku i miedzi w próbkach roślin przeprowadzono w latach 2006 i 2007, w okresie letnio-jesiennym. Pochodziły one z dwóch rejonów: 1) gmina Bogatynia – miejscowości: Bogatynia, Działoszyn, Bratków, Ręczyn, Wyszaków i Wolanów, leżące w rejonie oddziaływania Elektrowni i Kopalni „Turów” oraz

2) centralna i północna część powiatu zgorzeleckiego – miejscowości: Zgorzelec, Jerzmani, Łagów, Jagodzin, Gronów, Sławnikowice, usytuowane poza zasięgiem bezpośredniego oddziaływania wymienionych emiterów. Próbki traw, kukurydzy, ziemniaków i gryki pobierano bezpośrednio z pól, natomiast siano, słomę, ziarna zbóż: pszenicy, owsa i pszenżyta z gospodarstw rolnych. Łączna liczba próbek roślin i pasz, pobranych z obydwu rejonów badawczych, wynosiła 60. Analizowano je w dwóch powtórzeniach. Po wysuszeniu i zmieleniu materiału roślinnego poddano go 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 arsenu, chromu, cynku i miedzi. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej, obliczając średnie zawartości metali i odchylenia standardowe.

3. WYNIKI I DISKUSJA

3.1. Zanieczyszczenie środowiska arsenem

Znaczącym źródłem zanieczyszczenia środowiska arsenem może być m.in. spalanie węgla czy hutnictwo metali. Biologiczna rola tego metalu dla roślin nie została dotychczas wyjaśniona w sposób jednoznaczny. Arsen z całą pewnością pobierany jest z gleby, na zasadzie mechanizmu biernego przez korzenie i transportowany do części nadziemnych. W wielu przypadkach uważa się, że zwiększona ilość arsenu w roślinach może być wynikiem opadania pyłu na powierzchnię, zwłaszcza w rejonach kopalń, złóż mineralnych lub przemysłu metalurgicznego [Bronkowska i in. 2008]. Zwiększone ilości tego metalu mogą zawierać w tych rejonach trawy, od 0,28 – 0,33 mg·kg⁻¹s.m., oraz bulwy ziemniaków – do 0,2 mg·kg⁻¹s.m., a najmniejsze ilości ziarna zbóż, pszenicy i owsa – najwyżej do 0,01 mg·kg⁻¹s.m. i kukurydzy 0,03 mg·kg⁻¹s.m. [Bednarek i in. 2006, Bednarek i in. 2008]. Stosunkowo duże ilości arsenu zawierają rośliny uprawiane w sadach, gdzie wcześniej stosowano arsenowe preparaty ochrony roślin.

Największy, dopuszczalny poziom zanieczyszczenia arsenem produktów pochodzenia roślinnego według rozporządzenia Ministra Zdrowia [2003] wynosi 0,2 mg As·kg⁻¹ – ziemniaki i ziarna zbóż. W badaniach przeprowadzonych w powiecie zgorzeleckim najwyższy poziom arsenu stwierdzono w bulwach ziemniaków (0,38 mg·kg⁻¹s.m.) i trawach (0,26 mg·kg⁻¹s.m.), pobranych w rejonie oddziaływania Kopalni i Elektrowni „Turów” (tab.1). W pozostałych próbkach (ziarna zbóż, siano, słoma) ilości te mieściły się w zakresie obowiązujących norm (tab.2). W porównaniu z zawartością tego metalu stwierdzaną 20 lat temu ilość arsenu uległa zmniejszeniu w ziarnie pszenicy, owsa i pszenżyta oraz w sianie, znaczny, bo aż 25-krotny wzrost zawartości arsenu zaobserwowano natomiast w bulwach ziemniaków [Szkoda i in. 1994].

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

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

Rejon badań	Rośliny uprawne			
	trawy	ziemniaki	kukurydza	gryka
1	0,26 ± 0,195	0,380 ± 0,203	0,017 ± 0,001	0,039 ± 0,039
2	0,077 ± 0,028	0,050 ± 0,012	0,015 ± 0,001	n.b.

Objaśnienia: 1 – rejon oddziaływania Elektrowni i Kopalni „Turów”, 2 – rejon poza zasięgiem oddziaływania tych emiterów, n.b. – nie badano.

Tabela 2. Średnia zawartość arsenu w roślinach uprawnych (średnia \pm odchylenie standardowe, $n=9$) w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$

Table 2. The average content of arsenic in cultivated plants (mean \pm standard deviation, $n=9$) in $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{d.m.}$

Rejon badań	Rośliny uprawne				
	siano	stoma	pszenica	owies	pszennyto
1	0,025 \pm 0,002	0,024 \pm 0,001	0,013 \pm 0,001	0,021 \pm 0,008	0,009 \pm 0,001
2	0,104 \pm 0,050	0,081 \pm 0,042	0,014 \pm 0,001	n.b.	n.b.

Objaśnienia: jak w tab. 1.

3.2. Zanieczyszczenie środowiska chromem

Chociaż nie istnieje ryzyko globalnego skażenia środowiska chromem, to problemem staje się jego lokalne wprowadzenie do atmosfery, wód i gleb, związane m.in. ze spalaniem węgla, co stanowić może zagrożenie dla zdrowia człowieka i zwierząt. Chrom jest pobierany przez rośliny biernie, gromadzi się w nadziemnych częściach roślin i korzeniach, nie jest transportowany do nasion i ziaren zbóż. Jego stężenie w większości roślin zawarte jest w przedziale od 0,002 do 1,0 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$ Średnia zawartość w ziarnach zbóż wynosi: 0,2 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$ – żyto i 0,5 – 0,55 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$ – pszenica, jęczmień, owies. Zawartość chromu w bulwach ziemniaków wynosi: 0,04 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$ [Kabata-Pendias, Pendias 1999]. Zwiększenie zawartości tego metalu na obszarach zanieczyszczonych jest wynikiem bezpośredniego oddziaływania opadu pyłu atmosferycznego. Największa zawartość chromu w paszy nie powinna być większa niż 20 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$, a rośliny bardzo wrażliwe na chrom, np. owies, wykazują objawy toksyczności przy stężeniu 1–2 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$ [Baran, Spatek, Jasiowicz 2007]. Przeprowadzone badania własne nie wykazały przekroczenia norm zawartości w żadnej badanej próbce roślin (tab. 3 i 4). Większe zawartości chromu w próbkach traw i ziemniaków z rejonu oddziaływania Elektrowni i Kopalni „Turów” świadczą o znacznym wpływie tych emiterów na takie rozmieszczenie metalu.

Tabela 3. Średnia zawartość chromu 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 chromium 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
1	0,734 \pm 0,525	1,106 \pm 0,356	0,095 \pm 0,003	0,297 \pm 0,075
2	0,343 \pm 0,085	0,153 \pm 0,026	0,112 \pm 0,011	n.b.

Objaśnienia: jak w tab. 1.

Tabela 4. Średnia zawartość chromu 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 chromium in cultivated plants (mean \pm standard deviation, $n=9$) in $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{d.m.}$

Rejon badań	Rośliny uprawne				
	siano	stoma	pszenica	owies	pszennyto
1	0,188 \pm 0,173	0,044 \pm 0,021	0,148 \pm 0,002	0,109 \pm 0,003	0,115 \pm 0,002
2	0,407 \pm 0,106	0,087 \pm 0,018	0,167 \pm 0,001	n.b.	n.b.

Objaśnienia: jak w tab. 1.

3.3. Zanieczyszczenie środowiska cynkiem i miedzią

Cynk i miedź zaliczane są do mikropierwiastków, szkodliwych tylko w nadmiarze, w mniejszych ilościach są natomiast niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu.

Cynk. Jest to jeden z najbardziej ruchliwych metali w glebie, kumuluje się w jej wierzchnich warstwach, jest w niej łatwo rozpuszczalny i w większym stopniu dostępny dla roślin [Węglarzy 2007]. Średnia jego zawartość w częściach nadziemnych roślin, nieobjętych wpływem zanieczyszczenia, mieści się w przedziale od 10 do 70 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$ Stosunkowo dużo tego metalu zawierają ziarna zbóż (pszenica – 27; żyto – 31; owies – 29; pszenżyto – 22 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$) [Bednarek i in. 2008]. Źródłem jego nadmiernej ilości w roślinach są emisje przemysłowe, które zarówno poprzez opad bezpośredni, jak i przez zanieczyszczoną glebę, odpady i ścieki komunalne docierają do powierzchni ziemi [Dobrzański i in. 2003, Bednarek i in. 2008, Kwasowski, Kozanecka 2008, Mundała, Szwałec 2008, Stanisławska-Glubiak, Korzeniowska 2008]. Propozycja granicznej zawartości cynku w ziarnie pszenicy, trawach i ziemniakach wynosi 100 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$, zaproponowana natomiast przez Baran i wsp. [2007] mieści się w przedziale od 50 do 100 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$ W analizowanych roślinach wymienione zawartości tego mikroelementu nie zostały przekroczone, zaobserwowano jedynie wyższy poziom metalu w rejonie będącym poza zasięgiem emiterów (tab. 5 i 6). W porównaniu do lat 80-tych zmniejszył się poziom cynku w pszenicy, pszenżycie i sianie, wzrósł natomiast w ziarnie owsa i bulwach ziemniaków [Szkoda i in. 1994, Kołwzan 1988].

Tabela 5. Średnia zawartość cynku 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 zinc 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
1	25,894 \pm 5,905	13,943 \pm 3,595	24,280 \pm 1,667	44,232 \pm 13,935
2	36,627 \pm 4,162	19,823 \pm 1,781	20,329 \pm 1,195	n.b.

Objaśnienia: jak w tab. 1.

Tabela 6. Średnia zawartość cynku w roślinach uprawnych (średnia \pm odchylenie standardowe, n= 9) w mg·kg⁻¹s.m.**Table 6.** The average content of zinc in cultivated plants (mean \pm standard deviation, n=9) in mg·kg⁻¹d.m.

Rejon badań	Rośliny uprawne				
	siano	słoma	pszenica	owies	pszenżyto
1	24,345 \pm 4,944	2,602 \pm 0,111	22,842 \pm 0,099	35,844 \pm 0,694	18,660 \pm 0,168
2	56,134 \pm 16,234	31,962 \pm 5,575	45,542 \pm 1,312	n.b.	n.b.

Objaśnienia: jak w tab. 1.

Miedź. Metal ten jest trudno uwalniany z gleby, w roślinach gromadzi się głównie w korzeniach, lecz w środowisku zanieczyszczonym dochodzi do wzrostu jej zawartości w częściach nadziemnych, również w ziarnie [Węglarzy 2007, Rosada 2007, Bednarek i in. 2008]. Średnia zawartość tego metalu w rejonach niezanieczyszczonych wynosi: ziarno zbóż – 3,7; trawy – 5,5; ziemniaki – 4,5 mg·kg⁻¹s.m. Na terenach oddziaływania przemysłu miedziowego stwierdzone zawartości miedzi to: ziarno pszenicy – 5,02; trawy – 12,25, ziemniaki – 6,41 mg Cu·kg⁻¹s.m. [Rosada 2007, Dobrzański i in. 2003, Filipek-Mazur i in. 2007, Bednarek i in. 2006, Bombik i in. 2004]. Według Ramowych wytycznych dla rolnictwa [1993] dopuszczalne zawartości tego metalu to: 25 mg·kg⁻¹s.m. w ziarnie pszenicy, ziemniakach i trawie. Baran i wsp. [2007] przyjmują, że zawartość miedzi w paszy z użytków zielonych powinna mieścić się w zakresie 7,1 – 10 mg·kg⁻¹s.m. Badania zawartości tego metalu w paszach powiatu zgorzeleckiego nie wykazały przekroczenia przyjętych norm, jak również nie zaobserwowano w tym zakresie istotnych różnic, zależnych od rejonu badań (tab. 7 i 8). W porównaniu z badaniami wykonanymi w latach 1982 – 1983 poziom tego metalu wzrósł w ziarnie pszenicy i owsa oraz ziemniakach, a obniżył się w ziarnie pszenżyta i sianie [Szkoda i in. 1994, Kołwzan 1988].

Tabela 7. Średnia zawartość miedzi w roślinach uprawnych (średnia \pm odchylenie standardowe, n= 9) w mg·kg⁻¹s.m.**Table 7.** The average content of copper in cultivated plants (mean \pm standard deviation, n=9) in mg·kg⁻¹d.m.

Rejon badań	Rośliny uprawne			
	trawy	ziemniaki	kukurydza	gryka
1	4,981 \pm 2,191	3,629 \pm 1,176	2,071 \pm 0,225	5,457 \pm 0,163
2	4,219 \pm 1,470	3,522 \pm 0,284	2,029 \pm 0,055	n.b.

Objaśnienia: jak w tab. 1.

Tabela 8. Średnia zawartość miedzi w roślinach uprawnych (średnia \pm odchylenie standardowe, $n=9$) w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\text{s.m.}$

Table 8. The average content of copper 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
1	2,578 \pm 0,552	0,693 \pm 0,056	5,101 \pm 0,021	4,563 \pm 0,062	2,812 \pm 0,023
2	3,291 \pm 0,537	2,005 \pm 0,116	4,301 \pm 0,003	n.b.	n.b.

Objaśnienia: jak w tab. 1.

4. WNIOSKI

1. Zwiększona zawartość arsenu i chromu w trawach i bulwach ziemniaków, pochodzących z rejonu oddziaływania Kopalni i Elektrowni „Turów” wskazuje na znaczny udział obu zakładów w emisji tych metali.
2. Zawartość oznaczanych metali w większości badanych próbek roślin i pasz, z wyjątkiem poziomów arsenu w bulwach ziemniaków i trawach pochodzących z rejonu oddziaływania Kopalni i Elektrowni „Turów”, mieści się w normach przyjętych w przywołanym w niniejszym opracowaniu rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 r.
3. Większe zawartości arsenu, miedzi i cynku, występujące przede wszystkim w bulwach ziemniaków, w porównaniu do stwierdzonych w badaniach przeprowadzonych przeszło 20 lat temu, wskazują na konieczność ciągłego prowadzenia działań proekologicznych, których celem powinno być zmniejszenie emisji tych metali.

PIŚMIENNICTWO I AKTY PRAWNE

- BARAN A., SPAŁEK I., JASIEWICZ CZ. 2007. Zawartość metali ciężkich w roślinach i grun-
tach przylegających do wybranych stacji paliw Krakowskiej Konferencji Młodych Ucz-
nych, Kraków 2007: 265–272.
- BEDNAREK W., TKACZYK P., DRESLER S. 2006. Zawartość metali ciężkich jako kryterium
oceny jakości bulw ziemniaka. *Annales UMCS, Sec. E*, 61: 121–131.
- BEDNAREK W., TKACZYK P., DRESLER S. 2008. Zawartość metali ciężkich jako kryterium
oceny jakości ziarna pszenicy ozimej. *Acta Agroph.* 12 (2): 315–326.
- BOMBIK T., BOMBIK E., SABAL., TRAWIŃSKA B. 2004. Zależność między występowaniem
miedzi w glebie, paszach i organizmie krów. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu* 501: 45–50.
- BRONKOWSKA M., FIGURSKA-CIUURA D., ORZEŁ D., STYCZYŃSKA M., WYKA J., LOŻNA
K., ŻECHAŁKO-CZAJKOWSKA A., BIERNAT J. 2008. Evaluation of plants products from
the Legnicko-Głogowski region for their contamination with arsenic. *Food Chem.* 9 (1) : 4–7.

- 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.
- 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.
- 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. W: *Materiały Konferencji Naukowej: Kopalnia Węgla Brunatnego „Turów”*. Bogatynia 18–19.05.1988: 1–7.
- 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.
- MOKRZYCKI E., ULIASZ-BOCHENŃCZYK A. 2006. Elektrownia bez emisji?. *Polityka Energetyczna* 9: 611–619.
- MUNDAŁA P., SZWALEC A. 2008. Ocena zawartości kadmu i cynku w miększu bulw ziemniaków uprawianych w terenie silnie zanieczyszczonym metalami ciężkimi. *Materiały X Sympozjum Pierwiastki śladowe w środowisku*, Koszalin-Mielno, 11–14.05.2008: 264–265.
- PANASIUK D. 2006. Wpływ dyrektyw europejskich na redukcję emisji rtęci z energetyki i przemysłu, in: Pindór T. (red.) *Środowiskowe aspekty restrukturyzacji przemysłu w Polsce w latach 1989–2006*, Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok 2006.
- PANASIUK D., GŁODEK A., PIĄTEK R., PACYNA E. 2007. Scenariusze emisji metali ciężkich, dioksyn i PCB w Europie do 2020 roku. *Proceedings of ECOpole 1(1/2)*:201–204.
- Ramowe wytyczne dla rolnictwa 1993: ocena stanu zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką.** JUNG, Puławy.
- ROSADA J. 2007. Ekologiczne aspekty wykorzystania obszarów objętych oddziaływaniem emisji hut miedzi do upraw rolniczych. *Postępy w ochronie roślin* 47(1):119–127.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 roku w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą znajdować się w żywności, składnikach żywności, dozwolonych substancjach dodat-**

kowych, substancjach pomagających przetwarzaniu albo na powierzchni żywności (Dz.U.RP Nr 37, poz.326, zał.1).

- STANISŁAWSKA-GLUBIAK E., KORZENIOWSKA J. 2008. Zmiany zawartości mikroelementów w roślinach łubinu, grochu i kukurydzy w okresie wegetacji. W: Materiały X Sympozjum Pierwiastki śladowe w środowisku, Koszalin-Mielno, 11–14.05.2008: 352.
- SZKODA J., MILIAN A., ŻMUDZKI J., GOŁĘBIEWSKI A., SZYPOSYŃSKI K. 1994. Zawartość wybranych pierwiastków w warzywach, owocach i paszach z regionu bogatyńskiego-zgorzeleckiego. W: 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.
- WOJNAR K., WISZ J. 2006. Rtęć w polskiej energetyce. Energetyka 4(622): 59–66.