

## Antropogeniczne zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi w województwie łódzkim

Rozwój przemysłu, rolnictwa, transportu i górnictwa oraz urbanizacja oddziałuje bezpośrednio lub pośrednio na zmiany chemiczne produktów spożywczych, powietrza i wody. Decyduje to w znacznym stopniu o zdrowiu człowieka. Szczególnie niebezpieczny ekologicznie jest proces nagromadzania się kationowych pierwiastków śladowych nazywanych zwyczajowo **metalami ciężkimi**. Zarówno w Polsce jak i na świecie najczęściej obserwuje się schorzenia wywołane nadmierną akumulacją ołowiu (Pb), kadmu (Cd) oraz rtęci (Hg), a także w mniejszym stopniu dziesięcioma innymi pierwiastkami śladowymi między innymi miedzią (Cu), niklem (Ni), chromem (Cr), arsenem (As), fluorem (F) i berylem (Be) [Kabata-Pendias i in. 1995]. Dla wszystkich pierwiastków, zwłaszcza metalicznych eksploatowanych przez człowieka i stosowanych w dalszych cyklach produkcyjnych różnych gałęzi przemysłu, można ustalić kolejność i proporcje przechodzenia przez poszczególne **ekosystemy i łańcuchy troficzne**. Pierwiastki te wykazują w większości tendencję do biologicznej akumulacji. Organizmy żywe posiadają bariery biologiczne, które chronią je przed nadmiernym stężeniem pierwiastków chemicznych. Przy osłabionym działaniu tych barier, następuje kumulatywna koncentracja, skutkująca gromadzeniem się metali ciężkich w ostatnim ogniwie łańcucha pokarmowego - jakim jest **człowiek**, poprzez spożywanie skażonych produktów roślinnych i zwierzęcych. Odkładanie nadmiernych ilości metali w postaci mało aktywnych związków w tkankach biorących niewielki udział w metabolizmie, jest swoistym mechanizmem ochronnym, zachodzącym w organizmach roślinnych i zwierzęcych. Czynniki chorobowe oraz stres chemiczny, a w przypadku człowieka również stres psychiczny, mogą w bardzo krótkim czasie włączyć te pierwiastki w procesy metaboliczne. Ze względu na ich pochodzenie i źródło oraz właściwości, metale ciężkie występujące w glebie podzielono na trzy grupy [Kabata-Pendias i in. 1995]:

- litogeniczne (związane z materiałem skały macierzystej),
- pedogeniczne (mogą pochodzić z różnych źródeł, ale forma ich występowania uległa przeobrażeniom wskutek procesów glebotwórczych),
- antropogeniczne (wprowadzone do gleby wskutek działalności człowieka, a pozostające w pierwotnych formach wprowadzonych).

Zawartość pierwiastków śladowych w glebie jest między innymi pochodną składu chemicznego skał macierzystych i naturalnych procesów w nich zachodzących. Skałami macierzystymi **gleb województwa łódzkiego** są głównie utwory czwartorzędowe: piaski i gliny zwałowe, piaski i żwiry wodnolodowcowe, żwiry i piaski rzeczne, żwiry i pyły eolityczne oraz mułki i łył zastoiskowe. Jedynie w południowej części województwa skałami macierzystymi są: wapienie, margle, iłowce i piaskowce – utwory mezozoiczne. W efekcie gleby regionu są mało zróżnicowane z dominacją gleb bielcowych (około 85% powierzchni województwa). Pozostałą część stanowią gleby bagienne i torfowe, brunatne, czarne ziemie, i mady [Ochal 2009].

Antropogenicznymi, pośrednimi lub bezpośrednimi źródłami zanieczyszczeń gleb metalami ciężkimi są:

- Przemysł chemiczny (farbiarstwo, garbarstwo, produkcja środków czystości i preparatów ochrony roślin oraz tworzyw sztucznych i wyrobów gumowych)
- Przemysł nawozów sztucznych
- Przemysł celulozowo papierniczy
- Przemysł elektrotechniczny
- Elektrownie węglowe i przemysł koksowniczy
- Rafinerie ropy naftowej
- Hutnictwo i metalurgia żelaza, metali nieżelaznych
- Przemysł szklarski, ceramiczny, cementowy i azbestowy

Ważnym źródłem zanieczyszczeń gleb, szczególnie w przypadku ołowiu i cynku są szlaki

komunikacyjne. Obszary najbardziej narażone na zanieczyszczenia motoryzacyjne są umiejscowione w pobliżu dróg, zwłaszcza na obszarach miejskich. Wśród zanieczyszczeń emitowanych przez pojazdy o napędzie spalinowym poza ołowiem i cynkiem, znajdują się także chrom, kadm czy platyna [Indeka i Karczun 1999, 2000]. Metale ciężkie dostają się do środowiska w efekcie ścierania opon i innych części pojazdów. Ponadto wzdłuż dróg źródłem zanieczyszczenia kadmem mogą być smary używane w pojazdach samochodowych. [Antonkiewicz i Macuda 2005, Baran i in. 2007]. W tabeli 1 zestawiono powierzchnie gruntów zabudowanych i zurbanizowanych w województwie łódzkim z uwzględnieniem szlaków komunikacyjnych i użytków kopalnych.

Tabela 1. Powierzchnie (ha) gruntów zabudowanych i zurbanizowanych w województwie łódzkim i województwach sąsiadujących w stosunku do terenu całej Polski [GUS 2010]

	Polska	Województwo							
		Łódzkie	Kujawsko-pomorskie	Mazowieckie	Świętokrzyskie	Śląskie	Opolski	Wielkopolskie	
Powierzchnia ogółem	1550228	<b>93312</b>	81969	184689	51834	141196	55768	150378	
Tereny	Mieszkaniowe	278479	<b>18410</b>	15862	42902	7567	43544	9319	28112
	Przemysłowe	112113	<b>6019</b>	5979	11020	3709	21238	4780	8621
	Inne zabudowane	122489	<b>7743</b>	5803	17635	4115	12465	3006	11289
	Zurbanizowane niezabudowane	51406	<b>4071</b>	2508	5559	920	3413	2217	4119
	Rekreacji i wypoczynku	65466	<b>2846</b>	3264	5022	1552	7948	3527	7164
Tereny komunikacyjne	Drogi	776163	<b>45093</b>	41363	89576	26641	39884	26678	76346
	Kolejowe	102981	<b>6240</b>	6321	10603	4861	9936	3817	8736
	Inne	12043	<b>497</b>	425	1923	194	1705	272	1298
Użytki kopalne	29087	<b>2393</b>	444	449	2275	1063	2152	4693	
Użytki ekologiczne	34372	<b>1164</b>	4972	1734	325	440	422	1992	
Nieuzytki	481737	<b>15258</b>	42284	35721	8855	14940	3968	36693	
Tereny różne	99801	<b>6183</b>	5246	7899	1207	5410	3117	11830	

W województwie łódzkim występują mniej korzystne warunki dla produkcji rolniczej niż średnia dla Polski, a mimo to 57,2% powierzchni województwa zajmują grunty orne i sady. Głównymi problemami są odczyn i warunki glebowe. W tabeli 2 przedstawiono wykorzystanie powierzchni województwa łódzkiego do celów rolniczych.

Tabela 2. Wykorzystanie do celów rolniczych powierzchni (ha) województwa łódzkiego i województw sąsiadujących w odniesieniu do terenu całej Polski [GUS 2010]

		Polska	Województwo						
			Łódzkie	Kujawsko-pomorskie	Mazowieckie	Świętokrzyskie	Śląskie	Opolskie	Wielkopolskie
Użytki rolne	Powierzchnia ogółem	18930981	<b>1299894</b>	1178568	2445710	756171	646076	603956	1948408
	Grunty orne	13969108	<b>1010593</b>	995940	1731356	552475	463371	491484	1576289
	Sady	292376	<b>31231</b>	15848	83513	28986	8535	3503	17436
	Łąki trwałe	2292770	<b>116878</b>	84919	280438	95349	91079	68622	207418
	Pastwiska trwałe	1638322	<b>87283</b>	48024	249541	44036	52805	18388	81473
Grunty	Rolne zabudowane	530212	<b>40902</b>	23591	78447	27958	19260	13356	42910
	Pod stawami	70351	<b>4125</b>	1972	4852	3772	7737	4130	5796
	Pod rowami	137843	<b>8882</b>	8274	17563	3595	3290	4473	17086

Gleby I i II klasy stanowią około 1%, III klasy 5% i koncentrują się w powiatach kutnowskim, łowickim oraz łęczyckim (9% województwa). Gleby o najniższych właściwościach użytkowych V i VI klasy, dominują zwłaszcza w południowej i południowo wschodniej części regionu (46% województwa). Grunty zdegradowane i zdewastowane przez przemysł, w tym głównie energetykę, górnictwo i budownictwo, zajmują w województwie łódzkim około 4000 ha, a ich powierzchnia ciągle się powiększa [Ochal 2009]. W tabeli 3 przedstawiono powierzchnię użytków rolnych w **województwie łódzkim** z podziałem na **klasy bonitacyjne**.

Tabela 3 Powierzchnia (ha) użytków rolnych, według jakości (klasy bonitacyjnej) w województwie łódzkim i województwach sąsiadujących w stosunku do terenu całej Polski [GUS 2010]

		Województwo							
		Lódzkie	Kujawsko-pomorskie	Mazowieckie	Świętokrzyskie	Śląskie	Opolskie	Wielkopolskie	
Powierzchnia ogółem		18536936	1271856	1157838	2405579	742732	639364	585621	1899188
Klasy bonitacyjne	I	67782	97	2104	1715	18906	1189	2988	54
	II	536413	11556	29230	16360	60108	8715	43599	14440
	III	4201920	228307	367805	409860	155262	119071	199035	407835
	IV	7402942	444843	469734	892418	241474	279393	212430	682062
	V	4197220	382484	182133	683322	163488	165691	91540	485334
	VI	2114888	204569	103054	399847	100921	64105	35965	309211
	VIz	154335	15727	12021	31391	10235	7209	251	18255
Inne*		15771	---	3778	2057	2573	1200	64	252

\*Grunty nieobjęte klasyfikacją gleboznawczą

Według danych GUS w 2009 roku w województwie łódzkim grunty wymagające rekultywacji stanowiły 4443 ha, z czego 4278 ha to grunty zdewastowane, a 165 ha zdegradowane. Oprócz zanieczyszczeń przemysłowych, komunalnych czy motoryzacyjnych do skażenia gleb metalami ciężkimi może również przyczyniać się rolnictwo, poprzez powszechnie stosowane **nawozy**. Wpływ nawożenia azotem na ilość dostępnych dla roślin form metali ciężkich, zależy od rodzaju, wielkości dawki i terminu stosowania tych nawozów [ Sady i Smoleń 2004]. W przypadku nawożenia roślin nawozami zawierającymi zredukowane formy azotu takimi jak siarczan amonu czy mocznik, dochodzi do obniżenia pH gleby i zwiększenia zawartości przyswajalnych form metali ciężkich. Przyczynia się to do wzrostu akumulacji tych pierwiastków w roślinach [Gębski i Mercik 1997, Gębski 1998]. Wzrost dawki azotu w glebie, powoduje zwiększenie akumulacji kadmu, natomiast nie wykazano takiego oddziaływania na pobieranie miedzi i ołowiu [Sady i Smoleń 2004].

Ok. 40% gleb województwa łódzkiego odznacza się bardzo niską i niską zasobnością w **fosfor** [Ochal 2009]. Stosowane nawozy fosforowe, mogą być znaczącym źródłem skażenia gleb metalami ciężkimi, a w szczególności kadmem. Średnia zawartość pierwiastków śladowych w nawozach fosforowych układa się w następującej kolejności  $Cd < Cu < Pb < Ni < Zn$ . Forma nawozu w znaczący sposób wpływa na zróżnicowanie poziomu ich zawartości [ Sady i Smoleń 2004]. Związane jest to, z jakością surowców użytych do ich produkcji (fosforytów i apatytów). Wraz ze wzrostem procentowej zawartości składnika pokarmowego – fosforu, zmniejsza się ilość metali ciężkich wprowadzanych do gleby. W wyniku tego, z mączką fosforanową i superfosfatem pojedynczym, wprowadza się ich więcej niż z superfosfatem potrójnym. Systematyczne stosowanie nawozów fosforanowych, może powodować wzrost zawartości łatwo dostępnych dla roślin form kadmu w glebie [Gorlach i Gambuś 1997, Kabata-Pendias i Pendias 1999].

W województwie łódzkim udział gleb o bardzo niskiej i niskiej zasobności w potas jest jeszcze wyższy niż w przypadku fosforu i dochodzi do 62% powierzchni użytków rolnych [Ochal 2009]. Nawóz potasowy w zależności od formy, w jakiej jest aplikowany, może zwiększyć lub zmniejszyć ilość dostępnych dla roślin metali ciężkich. Kierunek tego procesu uzależniony jest od rodzaju metalu i właściwości fizykochemicznych nawożonej gleby. Zastosowanie chlorku potasu (KCl)

powoduje wyższe wymycie kadmu, miedzi i ołowiu, a także glinu(Al) w stosunku do użycia siarczanu potasu (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) [Sady i Smoleń 2004].

Potrzeby **wapnowania gleb** województwa łódzkiego są znacznie większe niż średnio w kraju, gdyż na ponad 50% powierzchni użytków rolnych wapnowanie jest konieczne i potrzebne [Ochal 2009]. Nawozy wapienne mogą zawierać wiele pierwiastków śladowych, między innymi arsen (0,1-24 ppm s.m.), ołów (20-1250 ppm s.m.) i mangan (40-1200 ppm s.m.) [Kabata-Pendias i Pendias 1999].

Spośród stosowanych nawozów najmniejsze ilości pierwiastków śladowych występują w **oborniku**, natomiast największe różnice w ich zawartości można zaobserwować w **ściekach komunalnych**. W zależności od miejsca pochodzenia, ale i innych czynników zawartość cynku w ściekach komunalnych może się wahać od 700 do 49000 ppm s.m., chromu od 20 do 40600 ppm s.m., niklu od 16 do 5300 ppm s.m. a kadmu od 2 do 1500 ppm s.m.. Z powodu tych różnic niezwykle istotne jest badanie zawartości pierwiastków śladowych przed zastosowaniem ścieków komunalnych jako nawozu.

**Odczyn** uważany jest za jeden z głównych czynników wpływających na formę, w jakiej metale ciężkie występują w środowisku glebowym oraz ich dostępność dla roślin [Chłopecka 1994, Gębski 1998, Kabata-Pendias i Pendias 1999]. **Zakwaszenie gleb** powoduje najczęściej uwalnianie metali ciężkich. W Polsce ponad 50% stanowią gleby bardzo kwaśne i kwaśne, co w dużej mierze pokrywa się z udziałem gleb bardzo lekkich i lekkich. W województwach łódzkim, mazowieckim, podlaskim i podkarpackim gleby bardzo kwaśne i kwaśne zajmują 60-80% ogólnego ich areалу. Szczególne zagrożenie stwarza występowanie gleb o odczynie bardzo kwaśnym, pH poniżej 4,5. Zajmują one ponad 40% areálu użytków rolnych województw łódzkiego, mazowieckiego i podlaskiego i ponad 35% województwa podkarpackiego. Badania wykonane w latach 2004-2007 wskazują na utrzymanie się niekorzystnej tendencji w kwestii zakwaszenia gleb w województwie łódzkim. Z 86380 próbek pobranych na terenie województwa łódzkiego ponad 70% ma odczyn bardzo kwaśny i kwaśny, a około 20% lekko kwaśny, a tylko 10% zasadowy. Pod tym względem najlepiej wypadają powiaty kutnowski i łęczycki, gdzie gleby kwaśne zajmują odpowiednio 37% i 45% areálu. Spadek pH gleby do lekko kwaśnego i kwaśnego powoduje wzrost stężenia ruchomych form metali ciężkich w roztworze glebowym. Są one dostępne dla roślin i tym samym podwyższa się wskaźnik ich akumulacji w tkankach [Chłopecka 1994, Gębski 1998]. Spowodowane jest to wzrostem rozpuszczalności chemicznych połączeń tych pierwiastków, jak również zmniejszeniem ich absorpcji na koloidach glebowych [Sady i Smoleń 2004]. Najbardziej podatne na zmianę wartości pH są kadm i cynk, których mobilność rośnie już przy spadku pH poniżej 6-6,5. Miedź i ołów właściwość tę wykazują dopiero przy pH < 5,0 [Gębski 1998].

W celu ochrony **łańcucha troficznego** przed szkodliwym wpływem metali ciężkich i utrzymania równowagi w poszczególnych ekosystemach, określone zostały dopuszczalne zawartości tych pierwiastków. Podstawą do ekologicznej oceny chemicznych właściwości gleby są reakcje poszczególnych elementów ekosystemu na różne poziomy zanieczyszczenia. W tym celu wyznacza się trzy stopnie zanieczyszczenia gleby:

- 1) Naturalna równowaga chemiczna
- 2) Naruszona równowaga chemiczna
- 3) Pełna degradacja chemiczna i całkowite zagrożenie ekologicznych funkcji gleby

W zależności od czynników ekologicznych branych pod uwagę, wartości pomiędzy poziomem 1 i 2 mogą być zróżnicowane. Poziom 3 natomiast może zostać jasno zarysowany dla poszczególnych gatunków gleb. Poziomy wybranych metali ciężkich, które powodują **całkowitą chemiczną degradację gleby**: **Cd: 5-20 mg kg<sup>-1</sup>, Cu: 200-500 mg kg<sup>-1</sup>, Ni: 150-600 mg kg<sup>-1</sup>, Cr: 300-600 mg kg<sup>-1</sup>, Pb: 1000-6000 mg kg<sup>-1</sup>, Zn: 1500-7000 mg kg<sup>-1</sup>** [Kabata-Pendias i in 1995]. Są to wartości krytyczne, które wykluczają prawidłowe funkcjonowanie ekosystemu, jednakże już przy znacznie niższych stężeniach widoczny jest toksyczny wpływ metali ciężkich na organizmy. W przypadku gleb używanych pod uprawę, zwłaszcza roślin przeznaczonych na cele konsumpcyjne dla człowieka i zwierząt, dopuszczalne poziomy zanieczyszczenia metalami ciężkimi są znacznie niższe.

**Gleby** podzielono na **sześć klas czystości** i dla każdej wyznaczono graniczne zawartości metali ciężkich. Według tej klasyfikacji opisano grunty na terenie naszego kraju z podziałem na województwa. W tabeli 4 przedstawiono procentowy udział poszczególnych klas gleb w województwie łódzkim i województwach sąsiadujących z uwzględnieniem najbardziej i najmniej zanieczyszczonego województwa w Polsce. Z danych pochodzących z 1999 roku wynika, że w województwie łódzkim gleby zanieczyszczone poszczególnymi metalami ciężkimi stanowią poniżej 1%, przy czym jest ono najwyższe w powiatach łódzkim grodzkim, opoczyńskim, pabianickim, pączęzańskim i zgierskim [Ochal 2009].

Tabela 4 Zanieczyszczenie powierzchniowej warstwy gleb (0-20 cm) użytków rolnych wszystkimi metalami ciężkimi łącznie (%) [Kabata-Pendias i in. 1995]

Lp.	Województwo	Liczba próbek	Stopień skażenia gleby							
			0	I	II	III	IV	V	0+I	II-V
1	<b>Łódzkie</b>	<b>3426</b>	<b>86,2</b>	<b>12,1</b>	<b>0,9</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>0,0</b>	<b>98,4</b>	<b>1,6</b>
2	Kujawsko-pomorskie	3042	94,7	4,8	0,5	0,0	0,0	0,0	99,4	0,6
3	Mazowieckie	5971	91,7	7,4	0,7	0,1	0,0	0,0	99,2	0,8
4	Świętokrzyskie	2133	68,5	29,2	2,2	0,0	0,0	0,1	97,7	2,3
5	<b>Śląskie</b>	<b>2187</b>	<b>20,3</b>	<b>52,8</b>	<b>17,0</b>	<b>5,6</b>	<b>3,0</b>	<b>1,3</b>	<b>73,1</b>	<b>26,9</b>
6	Opolskie	1746	73,7	23,1	2,1	0,5	0,4	0,2	96,3	3,1
7	Wielkopolskie	4463	89,9	9,1	0,8	0,1	0,1	0,0	99,0	1,0

Dla poszczególnych klas czystości gleb wskazano zalecane sposoby ich użytkowania.

0° – gleby niezanieczyszczone – mogą być wykorzystane pod uprawę wszystkich roślin ogrodniczych i rolniczych, szczególnie przeznaczonych do konsumpcji przez dzieci i niemowlęta, obszary takie należy objąć szczególną ochroną przed wprowadzeniem antropogenicznych metali ciężkich.

I° – gleby o zwiększonej zawartości metali – można na nich uprawiać wszystkie rośliny uprawy polowej z ograniczeniem warzyw przeznaczonych na przetwory i do bezpośredniej konsumpcji dla dzieci.

II° – gleby słabo zanieczyszczone – rośliny na nich uprawiane mogą być chemicznie zanieczyszczone, zatem należy wykluczyć z uprawy niektóre warzywa, takie jak: kalafior, szpinak, sałata itp., dozwolona jest natomiast uprawa zbóż, roślin okopowych i pastewnych oraz użytkowanie kośne i pastwiskowe.

III° – gleby średnio zanieczyszczone – rośliny na nich uprawiane są narażone na skażenie metalami ciężkimi, zaleca się tu uprawę roślin zbożowych, okopowych i pastewnych, z okresową kontrolą zawartości metali w konsumpcyjnych i paszowych częściach roślin, zaleca się tu również uprawę roślin przemysłowych oraz roślin do produkcji materiału nasiennego; wody gruntowe mogą być narażone na zanieczyszczenie metalami ciężkimi, w tym szczególnie kadm, cynkiem i niklem; w przypadku pastwisk należy także kontrolować pobieranie metali ciężkich przez zwierzęta.

IV° – gleby silnie zanieczyszczone – szczególnie gleby lekkie, powinny być, wyłączone z produkcji rolniczej, na lepszych odmianach gleb (cięższych) zaleca się uprawiać rośliny przemysłowe (konopie, len), wiklinę, zboża i trawy (materiał siewny), ziemniaki i zboża z przeznaczeniem na produkcję spirytusu, rzepak na olej techniczny, sadzonki drzew i krzewów itp., natomiast wykorzystanie na użytki zielone należy ograniczyć, zaleca się zabiegi rekultywacyjne, a przede wszystkim wapnowanie i wprowadzanie substancji organicznej.

V° – gleby bardzo silnie zanieczyszczone – powinny być całkowicie wyłączone z produkcji rolniczej i zalesione, ze względu na przenoszenie zanieczyszczeń z pyłami glebowymi, jedynie

najlepsze odmiany tych gleb można przeznaczyć pod uprawę roślin przemysłowych, podobnie jak gleby wykazujące IV stopień zanieczyszczenia.

Obszary wiejskie charakteryzują się znacznym zróżnicowaniem zarówno pod względem poziomu rozwoju gospodarczego, wysokości zrealizowanych inwestycji, wyposażenia w infrastrukturę techniczną i społeczną, jak i poziomu zamożności samorządów oraz warunków życia mieszkańców. Zachodzące zmiany funkcji obszarów wiejskich stanowią wyzwanie dla polityki rolnej i regionalnej kraju.

W świetle zamieszczonych danych, dotyczących zróżnicowanego zanieczyszczenia gleb metalami ciężkimi, powinna być opracowana konstruktywna strategia przez właściwe jednostki terenowe woj. łódzkiego, odpowiedzialne za nadzór i stan sanitarny gruntów, która będzie przeciwdziałać antropogenicznym zanieczyszczeniom. Służby te powinny w szczególności zwrócić uwagę na rozwój bezpiecznych i nowoczesnych technologii wpływających korzystnie na ochronę środowiska naturalnego.

#### LITERATURA:

- Antonkiewicz J., Macuda J. 2005. Zawartość metali ciężkich i węglowodorów w gruntach przylegających do wybranych stacji paliw w Krakowie. Acta Sci. Pol., Formatio Circumiustus 4 (2), 31-36.
- Baran A., Spalek I., Jasiewicz C., 2007, Zawartość metali ciężkich w roślinach i gruntach przylegających do wybranych stacji paliw w Krakowie, Krakowska Konferencja Młodych Uczonych.
- Chłopecka A., 1994, Wpływ różnych związków kadmu, miedzi, ołowiu i cynku na formy tych metali w glebie oraz na ich zawartość w roślinach, IUNG Seria R.
- Gębski M., 1998, Czynniki glebowe oraz nawozowe wpływające na przyswajanie metali ciężkich przez rośliny, Post. Nauk Roln., 5, 3-16.
- Gębski M., Mercik S., 1997, Effectiveness of fertiliser from in accumulation of zinc, cadmium and lead in lettuce (*Lactuca sativa* L.) and Red beet (*Beta vulgaris* var. *ciela* L.). Ecological aspects of nutrition and alternatives for herbicides in horticulture, Int. Sem. Warsaw, 23-25.
- Gorlach E., Gambuś F., 1997, Nawozy fosforanowe i wieloskładnikowe jako źródła zanieczyszczenia gleby metalami ciężkimi, Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 448 a, 139-146.
- GUS 2010, Rocznik statystyczny rolnictwa, Główny Urząd Statystyczny Warszawa.
- Indeka L., Karaczun Z., 1999, Kumulacja wybranych metali ciężkich w glebach przy ruchliwych trasach komunikacyjnych, Ekol. i Techn., 6, 174-180.
- Indeka L., Karaczun Z., 2000, Akumulacja chromu, kadmu, kobaltu, miedzi i niklu w glebach przy ruchliwych trasach komunikacyjnych, Ekol. i Techn., 6, 168-173.
- Kabata - Pendias A., Pendias H., 1999, Biogeochemia pierwiastków śladowych, Wydanie drugie zmienione Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa.
- Kabata - Pendias A., Piotrowska M., Motowicka - Terelak T., Maliszewska - Kordybach B., Filipiak K., Krakowiak A., Pietruch C., 1995, Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. Metale ciężkie, siarka i WWA. Biblioteka Monitoringu Środowiska Warszawa.
- Ochal P., 2009, Stan i środowiskowe skutki zakwaszenia gleb w województwie łódzkim, Opracowanie: Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy w Puławach.
- Sady W., Smoleń S., 2004, Wpływ czynników glebowo-nawozowych na akumulację metali ciężkich w roślinach, X Ogólnopolskie Sympozjum Naukowe efektywność stosowania nawozów w uprawach ogrodniczych Kraków, 269-277.