

Anna Świercz*, Elżbieta Sykała*

CHARAKTERYSTYKA JAKOŚCI GLEB OGRODÓW DZIAŁKOWYCH W KIELCACH

QUALITY CHARACTERISTIC OF ALLOTMENT GARDENS SOILS IN KIELCE

Słowa kluczowe: jakość gleb, metale ciężkie, biomagnifikacja.

Key words: quality soil, heavy metals, biomagnifications.

The aim of this paper was estimate quality of allotment gardens soils in respect of physical, chemical properties and heavy metals contents. Carried out researches of allotment gardens soils in Kielce locate in city town which are under influence anthrop-pressure and allotment gardens soils occur on the outskirts of Kielce.

Concentration analysis of heavy metals in soils showed that content of Cd, Cr, Cu, Mn, Pb contain in acceptable values of concentration irrespective of gardens location. Only in case of Zn found higher concentrate this element in of soils two allotment gardens put near the railway track. With reference to researches conducted on the same areas but different cities in Poland found that allotment gardens soils in Kielce are free from of heavy metal pollutants. Local growth concentrate these metals slightly exceed the background geochemical which are cause by motor traffic, fertilizer and substances for protect of plants.

1. WPROWADZENIE

Ogrody działkowe lokalizowane na ogół w obszarach pozamiejskich wraz z postępującym rozwojem miast były wcielane do terenów miejskich i na stałe wpisały się w ich układ przyrodniczy. Postępująca degradacja środowiska aglomeracji miejskich powoduje wzrost

* *Dr hab. inż. prof. Anna Świercz – Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach i mgr Elżbieta Sykała – Samodzielny Zakład Ochrony i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy Jana Kochanowskiego w Kielcach, ul. Świętokrzyska 15 G, tel.: 41 349 64 32, 41 349 64 18, 25-406 Kielce; e-mail: swierczag@poczta.onet.pl; e-mail: sykala@ujk.kielce.pl*

zainteresowania stanem jakości gleb ogrodów działkowych, które oprócz funkcji rekreacyjnej pełnią rolę obszarów intensywnie wykorzystywanych w amatorskiej uprawie warzyw i owoców [Chodak i in. 1995, Wiśniowska-Kielan, Baran 2004, Bielińska 2006, Baran i in. 2007, Wójcikowska-Kapusta 2007]. Ogrody działkowe znajdujące się w obrębie miast są narażone na różnego rodzaju zanieczyszczenia pochodzenia antropogenicznego, które wywołują zmiany właściwości fizykochemicznych i chemicznych gleb, a także wpływają na jakość uzyskiwanych plodów rolnych [Dziadek, Waclawek 2005].

Szczególnie niebezpieczna jest zawartość w glebie metali ciężkich w dużych stężeniach, a ich zwiększona zawartość jest jednym ze wskaźników zanieczyszczenia tego środowiska [Chodak i in. 1995, Czarnowska 1995, Gorlach, Gambuś 1991, Wiśniowska-Kielan, Baran 2004, Bielińska 2006].

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu zanieczyszczeń miejskich i miejsko-przemysłowych na właściwości fizykochemiczne gleb ogrodów działkowych Kielce oraz określenie śladowych zawartości metali ciężkich w tych glebach.

2. MATERIAŁ I METODY

Badaniami objęto gleby 11 ogrodów działkowych miasta Kielce, które zajmują 3,6% całkowitej powierzchni miasta (396 ha). Próby gleb do badań pobierano z poziomu próchnicznego do 20 cm. Analizowana próbka glebowa była średnią z trzech próbek uzyskanych z obszaru każdego ogrodu [Świercz 2008]. W pobranym materiale glebowym oznaczono:

- skład granulometryczny metodą Cassagrandea'a w modyfikacji Prószyńskiego,
- pH w H_2O i 1 mol $KCl \cdot dm^{-3}$ metodą potencjometryczną,
- kwasowość hydrolityczną metodą Kappena, kationy zasadowe w 1 mol $CH_3COONH \cdot dm^{-3}$,
- zawartości $CaCO_3$ metodą Scheiblera,
- C org. metodą Tiurina,
- zawartość wybranych metali ciężkich – Cd, Cr, Cu, Zn, Pb, Mn – po mineralizacji gleby w wodzie królewskiej ($HCl-HNO_3 - 3:1$) metodą ICP-AES.

3. WYNIKI I DYSKUSJA

Gleby badanych obiektów odznaczał zróżnicowany skład granulometryczny – od piasków słabo gliniastych do glin średnich (tab.1).

Istotnym czynnikiem decydującym o rozpuszczalności metali ciężkich w glebie jest odczyn, od którego zależy m.in. stan równowagi jonowej – procesów sorpcji i desorpcji kationów wodorowych i kationów metali. Rozpuszczalność metali ciężkich jest zazwyczaj niska w zakresie odczynów obojętnych i alkalicznych, a rośnie wraz ze zmniejszaniem się wartości pH [Kabata-Pendias, Pendias 1999, Rosada 2007].

Gleby badanych ogrodów działkowych mają odczyn od słabo kwaśnego do słabo zasadowego, z wartościami pH w KC1 w granicach od 5,90 do 7,44 oraz pH w H₂O – od 6,11 do 8,8 (tab. 1).

Tabela 1. Wybrane właściwości fizykochemiczne gleb ogrodów działkowych Kielc

Table 1. Physicochemical properties of Kielce allotment garden soils

Lp.	Lokalizacja ogrodu działkowego	CaCO ₃	pH w H ₂ O	pH w KCl	Hh	K+	Na+	Ca ²⁺	Mg ²⁺	S1	T	V	C org.	Skład granulometryczny PTG 2008
		%			cmol(+):kg ⁻¹						%	%		
1	O.D. „Metalowiec”- Polskie kwiaty ul. Zagnańska/Piaski	2,55	8,81	7,51	0,60	4,96	0,39	36,50	7,80	57,80	58,4	98,9	6,45	gśr
2	O.D. „Żeromskiego” ul. Wschodnia	1,99	7,95	7,13	0,55	2,13	0,41	29,13	2,11	36,46	37,01	98,5	4,12	gl
3	O.D. „Żeromskiego” ul. Morcinka	1,33	6,31	5,99	1,52	1,65	0,22	44,62	1,74	48,23	49,75	96,5	3,07	pg
4	O.D. „Żeromskiego” ul. Morcinka	1,55	7,11	6,15	1,11	1,72	0,14	55,11	1,99	58,96	60,07	96,9	2,21	pg
5	O.D. „Skalka” ul. Świętokrzyska	0,35	7,22	7,01	0,42	1,46	0,13	34,59	1,63	37,81	38,23	98,1	3,19	gl
6	O.D. „Magnolia” ul. Sandomierska	0,15	6,22	6,00	1,31	1,17	0,15	45,13	2,73	49,18	50,49	89,9	3,89	gl
7	O.D. „Ściegiennego” ul. Napekowska	0,97	6,77	6,25	1,19	1,43	0,17	44,97	1,67	48,24	49,43	97,4	3,32	pg
8	O.D. „Malina” ul. Boh. Warszawy	1,25	6,99	6,75	1,07	1,92	0,10	33,89	1,29	37,20	38,27	95,5	2,33	gl
9	O.D. „Społem” ul. Wrzosowa	0,17	6,11	5,90	1,58	0,91	0,15	26,46	1,86	29,38	30,96	97,5	1,81	pg
10	O.D. „Kadzielnia” Al. Legionów	0,90	6,97	6,72	1,61	1,52	0,16	27,11	1,98	30,77	32,38	97,2	2,02	pgm
11	O.D. „Chrobrego” ul. Dąbrówki	3,25	7,71	7,44	1,02	1,29	0,15	37,16	1,83	40,43	41,45	94,8	2,11	gl

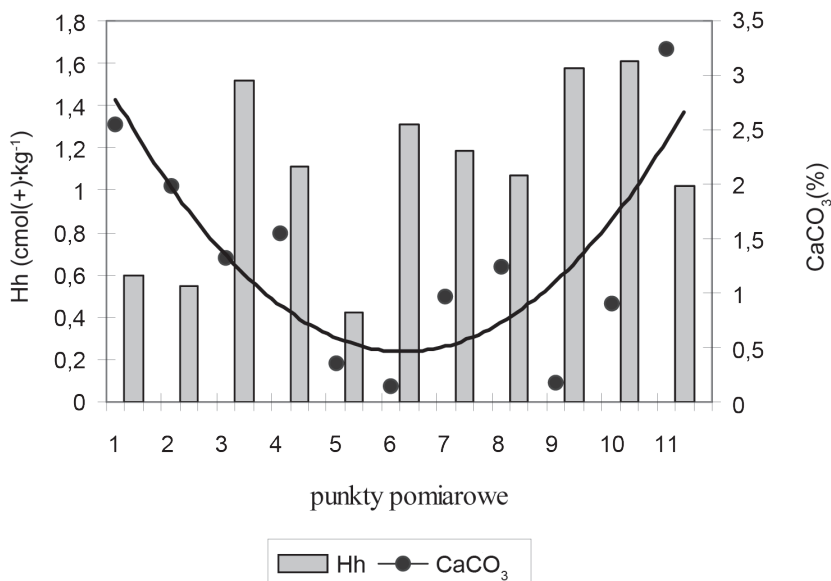
Objaśnienia: Hh – kwasowość hydrolityczna; S1 – suma wymiennych kationów zasadowych; T – całkowita pojemność sorpcyjna; V – wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi.

Największe wartości pH stwierdzono w glebach ogrodu „Metalowiec”, przy ul. Zagnańskiej, odpowiednio pH w H₂O – 8,81 i pH w KCl – 7,51, najmniejsza zaś w glebach ogrodu działkowego „Społem” przy ul. Wrzosowej (pH w H₂O – 6,11 i w KC1 – 5,90). Gleby zlokalizowane na peryferiach miasta miały przeważnie odczyn słabo kwaśny, pozostające zaś pod wzmożoną presją antropogeniczną – obojętne lub słabo zasadowe. Wartości pH gleb w ogrodach działkowych na terenie Kielc według klasyfikacji Ulricha [1981] znajdują się w zakresie buforowości węglanowej oraz krzemianowej, która sprzyja wzrostowi odporności gleb na zanieczyszczenia metalami ciężkimi.

Najwyższa wartość kwasowości hydrolitycznej (Hh) wystąpiła w kulturoziemach ogródków działkowych (OD) „Kadzielnia”, przy Al. Legionów – 1,61 cmol(+):kg⁻¹, nieco niższa, 1,58 cmol(+):kg⁻¹ w glebach ogródków działkowych „Społem” przy ul. Wrzosowej. Najniższą wartość Hh zanotowano w glebach ogrodu działkowego „Skalka” przy ul. Świętokrzyskiej – 0,42 cmol(+):kg⁻¹ (tab.1).

Wszystkie badane gleby zawierały w swoim składzie węglan wapnia CaCO₃. Zawartość CaCO₃ wahała się od 0,17 do 3,25%. Małym i bardzo małym wartościom Hh odpowiada-

ły większe zawartości CaCO_3 (rys. 1). Zawartość węglanów w wierzchniej warstwie gleby wpływa wydatnie na zmniejszenie jej kwasowości, a także na ograniczenie przyswajalności metali ciężkich.



Rys. 1. Zależność między Hh a zawartością CaCO_3 w glebach ogrodów działkowych Kielce
Fig.1. Correlation between Hh and CaCO_3 content of Kielce allotment garden soils

Głównymi źródłami kationów zasadowych w kompleksie sorpcyjnym gleb naturalnych są depozycje atmosferyczne oraz wietrzenie skały macierzystej [Gorlach, Gambuś 1991, Kram i in. 1997]. Największe zawartości jonów potasu i magnezu wymiennego występują w kompleksie sorpcyjnym gleb w ogrodzie działkowym Metalowiec, przy ul. Zagnańskiej, odpowiednio K^+ – $4,96 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$; Mg^{2+} – $7,8 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$ (tab.1), najmniejszą zaś zawartość Mg^{2+} zanotowano w glebach ogrodu działkowego „Malina”, przy ul. Bohaterów Warszawy ($1,29 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$). Największe zawartości wapnia wymiennego stwierdzono w kompleksie sorpcyjnym gleb ogrodu im. „Żeromskiego” przy ul. Morcinka ($55,1 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$), najmniejsze zaś w glebach ogrodu „Społem” ($26,5 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$). Są to wartości wielokrotnie mniejsze od podawanych przez Wójcikowską-Kapusta [2007] dla gleb Śląska

Pojemność sorpcyjna gleby determinowana jest ilością i jakością koloidów tworzących glebowy kompleks sorpcyjny. W miarę zwiększania się w glebie zawartości części spławialnych, materii organicznej, a także wartości pH, dostępność metali ciężkich dla roślin zostaje znacznie ograniczona. Metale ulegają wówczas związaniu przez korzystny układ buforowy gleby (buforowość węglanowa i krzemianowa) i stają się nieprzewidywalne dla korzeni roślin [Kabata-Pendias, Pendias 1999, Rosada 2007]. Pojemność sorpcyjna w poziomach

powierzchniowych gleb pobranych z ogrodów działkowych Kielc mieściła się w zakresie od 31,0 do 60,1 cmol(+)-kg⁻¹ (tab.1) i była znacznie mniejsza od podawanej przez Wójcikowską-Kapusta [2007] dla gleb Śląska. Największą wartość tej cechy stwierdzono w glebach ogrodu działkowego im. „Żeromskiego” przy ul. Morcinka, najniższą zaś w glebach OD „Społem” przy ul. Wrzosowej.

Stopień wysycenia gleb kationami o charakterze zasadowym (V) zawiera się w przedziale od 94,8 do 98,9%, co świadczy o wysokim stopniu wysycenia gleb kationami o charakterze zasadowym spowodowanym m.in. uziarnieniem badanych gleb oraz stosunkowo wysoką zawartością węgla organicznego. Próchnica, która wykazuje dużą pojemność sorpcyjną, może skutecznie uwstecznić metale ciężkie, jest więc ważnym czynnikiem zapobiegającym negatywnym skutkom skażenia gleby [Kabata-Pendias, Pendias 1999, Dudka 1992, Rosada, 2007].

Największą zawartość C org. – 6,45 % – zanotowano w kulturoziemach ogrodu działkowego „Metalowiec”, przy ul. Zagnańskiej. Prawie czterokrotnie mniejszą zawartość 1,81% C org. zanotowano w glebach ogrodu działkowego „Społem” przy ul. Wrzosowej.

Tabela 2. Zawartość metali ciężkich w glebach ogrodów działkowych Kielc oraz barwa badanego poziomu wzdług Munsella

Table 2. The content of heavy metals in the Kielce allotment garden soils and color soils horizon by Munsell chart

Lp.	Lokalizacja ogrodu	Zawartość [mg · kg ⁻¹]						Barwa wg Munsella
		Cd	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn	
1	OD „Metalowiec” – Polskie kwiaty ul. Zagnańska/Piaski	0,56	8,5	16,3	317	33,4	338,0	10YR 2/3
2	OD „Żeromskiego”, ul. Wschodnia	0,15	7,1	10,7	401	31,9	87,5	10YR 4/2
3	OD „Żeromskiego”, ul. Morcinka	0,17	4,7	9,7	307	16,7	99,9	10YR 3/2
4	OD „Żeromskiego”, ul. Morcinka	0,22	5,1	6,1	407	35,5	74,9	10YR 4/4
5	OD „Skalka”, ul. Świętokrzyska	0,35	6,1	4,9	360	33,7	89,8	10YR 2/3
6	OD „Magnolia”, ul. Sandomierska	0,12	3,1	3,9	320	29,6	103,2	10 YR4/2
7	OD „Ściegiennego”, ul. Napękowska	0,11	8,1	4,4	230	28,4	72,9	2,5 YR 3/4
8	OD” Malina”, ul. Boh. Warszawy	0,56	7,3	12,8	530	78,9	91,5	2,5 Y 3/3
9	OD „Społem”, ul. Wrzosowa	0,21	4,6	4,3	433	46,0	183,6	2,5 YR 4/1
10	OD „Kadzielnia”, Al. Legionów	0,51	9,1	10,9	511	63,2	270,1	10YR 3/6
11	OD „Chrobrego”, ul. Dąbrówki	0,60	9,6	13,9	420	37,9	377,8	10YR 2/2

Analiza stężenia metali ciężkich w badanych glebach wykazała, że zawartość Cd, Cr, Cu, Mn i Pb mieści się w wartościach stężeń dopuszczalnych (tab.2), zarówno zaproponowanych przez IUNG [Kabata-Pendias i in. 1993] i Czarnowską [1995] dla gleb terenów miejskich, jak i określonych w rozporządzeniu Ministerstwa Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi [2002]. Koncentracje tych pierwiastków kwalifikują analizowane gleby do gleb o naturalnej zawartości metali ciężkich (0°).

Stwierdzono tylko zwiększone zawartości cynku w glebach dwóch ogrodów działkowych. Dopuszczalna zawartość cynku w glebach naturalnych wynosi 50 mg·kg⁻¹ [Kabata-Pendias i in. 1993]. W badanych glebach zawartość Zn wynosiła od 72,9 do 377,8 mg·kg⁻¹, a więc była większa od dopuszczalnej (I°). Przekroczenia dopuszczalnych zawartości cynku stwierdzono w glebach ogrodów działkowych: „Chrobrego” przy ul. Dąbrówki, 377,8 mg·kg⁻¹, oraz w glebach „Metalowiec” przy ul. Zagnańskiej: 338 mg·kg⁻¹. Większe nagromadzenie cynku w poziomach powierzchniowych może być wynikiem zanieczyszczeń motoryzacyjnych [Gorlach, Gambuś 1991, Niesiobędzka, Krajewska 2007].

Największe zawartości Cu, Mn, Pb, Cd i Zn występują w glebach ogrodów „Chrobrego” przy ul. Dąbrówki, „Metalowiec” przy ul. Zagnańskiej i „Kadzielnia” przy Al. Legionów. Są to gleby narażone na bezpośrednie oddziaływanie ruchu komunikacyjnego. Najniższe zawartości metali ciężkich wystąpiły w glebach ogrodu „Ściegienego” przy ul. Napękowej, „Magnolia” przy ul. Sandomierskiej, „Społem” przy ul. Wrzosowej.

Zawartość kadmu w badanych glebach wynosiła od 0,11 do 0,60 mg·kg⁻¹, przy wartości naturalnej określonej na 0,3 mg·kg⁻¹ [Kabata-Pendias in. 1993]. Była więc nieco większa niż tło geochemiczne, ale też znacznie mniejsza niż zawartość dopuszczalna (4 mg Cd·kg⁻¹), określona w rozporządzeniu Ministerstwa Środowiska [2002].

Kumulacja miedzi w badanych glebach była mało zróżnicowana. Świadczy o tym zakres zawartości od 3,9 do 16,3 mg·kg⁻¹. Średnia zawartość miedzi mieściła się więc w zakresie naturalnych zawartości tego pierwiastka w glebach Polski (2–20 mg·kg⁻¹) [Dudka 1992]. Zawartość manganu oscylującą w granicach 230–530 mg·kg⁻¹, należy także uznać za naturalną.

Zawartość naturalna ołowiu w glebach wytworzonych z utworów piaszczystych mieści się najczęściej w przedziale 10–40 mg·kg⁻¹. W badanych glebach zakres ten wynosił od 16,7 do 78,0 mg·kg⁻¹ i nieznacznie przekraczał zakres tła geochemicznego określonego przez Dudkę [1992].

Większe zawartości metali ciężkich stwierdzono w glebach ogrodów działkowych położonych przy trasach o nasilonym ruchu komunikacyjnym, w tym kolejowym. Dodatkowym czynnikiem obciążającym gleby metalami ciężkimi może być stosowanie w nadmiarze środków ochrony roślin oraz intensywne nawożenie gleb.

Optymalne i właściwe stosunki molarnie w glebie zachodzące między Ca, Mg oraz K warunkują równowagę jonową w roślinach. Zakłócenie w tych proporcjach, niekorzystnie odbija się na wielkości i jakości uzyskanego plonu [Fotyma, Mercik 1992]. Zbyt szerokie stosunki molarnie Ca:Mg oraz Ca:K (tab. 3) występują prawie we wszystkich badanych glebach. Jedynie w glebach OD „Metalowiec” występują wartości optymalne Ca:Mg – 1:5; Ca:K – 1:7, co świadczy o prawidłowej przyswajalności Mg i K. W glebach pozostałych ogrodów działkowych może zachodzić utrudnione pobieranie przez rośliny tych pierwiastków [Wójcikowska-Kapusta 2007].

Przeprowadzone badania gleb wybranych ogrodów działkowych są fragmentem większego opracowania dotyczącego właściwości gleb miasta Kielce [Ciupa, Biernat 2006,

Świercz 2008]. Wstępne wyniki pokazały, że koncentracja metali ciężkich w analizowanych obiektach mieści się w granicach zawartości najczęściej notowanych w niezanieczyszczonych glebach Polski. Z kolei Bielińska [2006] stwierdziła, że gleby ogrodów działkowych na terenie Górnego Śląska są silnie zanieczyszczone cynkiem, ołowiem oraz kadmem. Do podobnych wniosków doszli także Wójcikowska-Kapusta [2007], Baran i in. [2007], którzy badali gleby ogrodów działkowych Śląska, Białej Podlaskiej i Lublina. Piotrowska i Koper [2007] w swoich badaniach prowadzonych na terenie Inowrocławia pokazali, że spośród jedenastu gleb ogrodów działkowych tego miasta zanieczyszczenie ołowiem, cynkiem i kadmem dotyczy jedynie obszarów trzech z nich. Wartości pH oraz inne właściwości fizykochemiczne gleby ogrodów działkowych Kielc mieszczą się w zakresie pH podawanych dla gleb innych miast Polski [Bielińska 2006, Wójcikowska-Kapusta 2007].

Tabela 3. Stosunki molarne Ca:Mg, Ca:K, Mg:K w glebach ogrodów działkowych Kielc

Table 3. Molar intercourse of Kielce allotment garden soils

Lp.	Lokalizacja ogrodu	Ca:Mg	Ca:K	Mg:K
1	OD „Metalowiec” – Polskie kwiaty ul. Zagnańska/Piaski	4,7	7,4	0,9
2	OD „Żeromskiego”, ul. Wschodnia	13,8	13,7	0,9
3	OD „Żeromskiego”, ul. Morcinka	25,6	27,1	1,1
4	OD „Żeromskiego”, ul. Morcinka	27,7	32,1	1,2
5	OD „Skałka”, ul. Świętokrzyska	21,2	23,3	1,1
6	OD „Magnolia”, ul. Sandomierska	16,5	31,5	2,3
7	OD „Sciegienego”, ul. Napękowska	26,9	31,4	1,2
8	OD „Malina”, ul. Boh. Warszawy	26,3	17,7	0,7
9	OD „Społem”, ul. Wrzosowa	14,2	29,1	2,1
10	OD „Kadzielnia”, Al. Legionów	13,7	17,8	1,3
11	OD „Chrobrego”, ul. Dąbrówki	20,3	28,8	1,4

4. WNIOSKI

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Właściwości fizykochemiczne badanych gleb (zawartość C org., uziarnienie, stosunkowo wysoki odczyn, zawartość węglanów) wpłynęły na obniżenie mobilności metali ciężkich i pozwoliły na zakwalifikowanie gleb ogrodów działkowych Kielc do gleb o naturalnej zawartości metali ciężkich.
2. Podwyższona koncentracja Zn (do 377,8 mg·kg⁻¹) w glebach dwóch ogrodów działkowych ma charakter antropogeniczny i jest spowodowana ich położeniem przy trasie komunikacyjnej.
3. Kompleks sorpcyjny gleb ogrodów działkowych Kielc charakteryzuje duże wysycenie jonami Ca²⁺, stosunki molarne zaś Ca:K oraz Ca:Mg są poszerzone, co może rzutować na przyswajalność magnezu i potasu przez rośliny.

PIŚMIENNICTWO

- BARAN S., WÓJCIKOWSKA-KAPUSTA A., ŻUKOWSKA G., MAKUCH I. 2007. Wpływ różnych źródeł zanieczyszczeń na zawartość miedzi, cynku i ołowiu w glebach i w selerach z ogródków działkowych. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 520: 441–446.
- BIELIŃSKA E. 2006. Charakterystyka ekologiczna gleb ogrodów działkowych z terenów zurbanizowanych. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering vol. 51 (2): 13–16.
- CHODAK T., SZERSZEŃ L., KABAŁA C. 1995. Metale ciężkie w glebach i warzywach ogrodów działkowych Wrocławia. Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln. 418:291–297.
- CIUPA T., BIERNAT T. 2006. Metale ciężkie w wierzchniej warstwie gleb miasta Kielce. Przemiany środowiska geograficznego Polski północno-zachodniej. W: A. Kostrzewski, J. Czerniowska (red.) Poznań: 195–202.
- CZARNOWSKA K. 1995. Gleby i rośliny w środowisku miejskim. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 418: 11–115.
- DUDKA S. 1992. Ocena całkowitych zawartości pierwiastków głównych i śladowych w powierzchniowej warstwie gleb Polski. R (293), IUNG, Puławy: 48.
- FOTYMA M., MERCIK S. 1992. Chemia rolna. PWN, Warszawa.
- DZIADEK K., WACŁAWEK W. 2005. Metale w środowisku. Cz. I. Metale ciężkie (Zn, Cu, Ni, Pb, Cd) w środowisku glebowym. Chemia. Dydaktyka. Ekologia. Meteorologia 2005 r. 10, nr 1–2: 33–44.
- GORLACH E., GAMBUŚ F. 1991. Desorpcja i fitotoksyczność metali ciężkich zależnie od właściwości gleby. Roczn. Glebozn. XLII (3/4):207–214.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa.
- KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M., WITEK T. 1993. Ramowe wytyczne dla rolnictwa: Ocena stopnia zanieczyszczeń gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką. IUNG, Puławy P(53): 20.
- KRÁM P., HRUŠKAJ., WENER B.S., DRISCON CH.T., JOHNSON CH.E. 1997. The biogeochemistry of basic cations in two forest catchments with contrasting lithology in the Czech Republic. Biogeochemistry 37: 173–202.
- KWIATKOWSKA J., MACIEJEWSKA A. 2005. Wpływ materii organicznej na plon oraz zawartość i rozmieszczenie metali ciężkich w życie (*Secale cereale* L.). Obieg pierwiastków w przyrodzie. Monografia t. III. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa: 319–322.
- NIESIOBĘDZKA K., KRAJEWSKA E. 2007. Akumulacja metali ciężkich w glebach roślinności trawiastej przy trasach szybkiego ruchu. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych nr 31, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa: 278–283.

- PIOTROWSKA A., KOPER J. 2007. Wpływ zwiększonej zawartości metali ciężkich na aktywność wybranych oksydoreduktaz gleb aglomeracji miejskiej. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* nr 32, Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa: 130–133.
- ROSADA J. 2007. Ekologiczne aspekty wykorzystania obszarów objętych oddziaływaniem emisji hut miedzi do upraw rolniczych. *Postępy w ochronie roślin* 47 (1) 2007: 119–127.
- Rozporządzenie Ministerstwa Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi.** Dz.U. Nr 165, poz. 1359.
- ŚWIERCZ A. 2008. Pokrywa Glebowa. W: B. Szulczewska (red.) *Opracowanie ekofizjograficzne dla miasta Kielce: Kielce-Warszawa: 30–58.*
- WIŚNIEWSKA-KIELAN B., BARAN A. 2004. Assessment of trace element in soil and vegetables from an allotment garden in Brzesko-Okocim. *Chemia i Inżynieria Ekol.* vol. 11 (8): 811–821.
- WÓJCIKOWSKA-KAPUSTA A. 2007. Wybrane właściwości fizykochemiczne i chemiczne gleb ogródków działkowych. *Zeszyty Prob. Post. Nauk Roln.* 520: 547–554.