

GRZEGORZ ŻUREK
KAMIL PROKOPIUK

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy w Radzikowie
Zakład Traw, Roślin Motylkowatych i Energetycznych
Pracownia Traw Pozapaszowych i Roślin Energetycznych

Zawartości ołowiu, kadmu i chromu w glebach rolniczych przyległych do autostrady A2

Contents of lead, cadmium and chrome in agricultural areas near A2 highway

W roku 2009 przeprowadzono badania, mające na celu określenie zawartości niektórych metali ciężkich w glebach terenów użytkowanych rolniczo, leżących bezpośrednio przy autostradzie A2. Badaniami objęto 11 punktów położonych wzdłuż najstarszych odcinków autostrady, eksploatowanych od roku 2002 i 2004. W oparciu o wykonane analizy nie stwierdzono podwyższonej zawartości ołowiu, kadmu i chromu w warstwie gleby 0–20 cm w odległości do 75 m od pasa jezdni autostrady A2. Stwierdzone zawartości metali ciężkich były znacznie mniejsze od ilości dopuszczalnych i wynosiły: dla ołowiu od 5,5 do 15,2 mg·kg⁻¹ (wartość dopuszczalna dla tego typu gleb 100 mg·kg⁻¹), dla kadmu od 0,04 do 0,22 (dopuszczalne — 4,0 mg·kg⁻¹), a dla chromu od 4,10 do 18,2 (dopuszczalne — 150 mg·kg⁻¹). Badane stanowiska różniły się istotnie zawartością kadmu i chromu. Nie stwierdzono natomiast istotnego statystycznie wzrostu koncentracji metali ciężkich w miarę zbliżania się do jezdni.

Słowa kluczowe: ołów, kadm, chrom, transport drogowy

Analysis of potential heavy metal pollution of cultivated areas near A2 highway was undertaken in 2009. Eleven localities were selected and soil samples (depth 0–20 cm, distance from road 25, 50, 75 m) were taken close to oldest highway parts (opened 2002 and 2004). Estimated levels of lead, cadmium and chrome were not related to the distance from the road and were below legally accepted amounts. Amount of lead ranged from 5.5 to 15.2 mg·kg⁻¹ (accepted level - 100 mg·kg⁻¹), amount of cadmium ranged from 0.04 to 0.22 (accepted — 4.0 mg·kg⁻¹), and amount of chromium from 4.10 to 18.2 (accepted — 150.0 mg·kg⁻¹). Contents of cadmium and chrome were related to soil electro conductivity, and therefore these metals probably originated from fertilizers.

Key words: lead, cadmium, chrome, road transport

WSTĘP

Intensywne użytkowanie szlaków komunikacyjnych emituje duże ilości substancji szkodliwych do środowiska. Głównymi komponentami zanieczyszczeń komunikacyjnych są tlenki azotu, siarki, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne oraz metale ciężkie, takie jak np. ołów, chrom i kadm (Bezák-Mazur, 2001). Źródłem pochodzenia ołowiu może być benzyna, kadmu — komponenty konstrukcyjne pojazdów, opony, środki nawilżające.

Chrom z kolei może pochodzić z korodujących części metalowych pojazdów (Christoforidis i Stamatis, 2009).

Zanieczyszczenie gleby zależy od jej rodzaju, składu mechanicznego, odczynu, zasolenia, kwasowości, zawartości materii organicznej, oddalenia od źródła emisji itp. (Kyzioł, 1994; Kabata-Pendias i Pendias, 1999). Pomimo intensywnego rozwoju drogownictwa oraz motoryzacji w Polsce, badania dotyczące wpływu obciążenia komunikacyjnego na skażenie sąsiadujących terenów są fragmentaryczne. Specyfiką przebiegu autostrad, w tym również w Polsce, jest sąsiedowanie pasów ruchu z terenami użytkowymi rolniczo. Uprawy bardzo często oddzielone są od jezdni jedynie ok. 20–40 metrowym pasem zieleni oraz ażurowym płotem lub siatką. Przykładem takich obszarów mogą być tereny sąsiadujące z autostradą A2, gdzie intensywnie uprawia się np. rośliny zbożowe (kukurydzę, pszenicę, pszenżyto), buraki cukrowe czy ziemniaki. Istnieje realne zagrożenie w postaci skażenia produkowanej tam żywności, w warunkach ciągłej ekspozycji na zanieczyszczenia pochodzenia komunikacyjnego (Olajire i Ayodele, 1997; Li i in., 2007).

Celem pracy było określenie zawartości ołowiu, kadmu i chromu w glebach terenów sąsiadujących z intensywnie eksploatowaną autostradą na przykładzie odcinków autostrady A2 czynnych od roku 2002 i 2004.

MATERIAŁ I METODA

Do badań w roku 2009 wytypowano 11 punktów położonych wzdłuż autostrady A2 (tab. 1, rys. 1). Na wytypowanych stanowiskach, z głębokości od 0 do 20 cm, pobierano próbki gleby z miejsc oddalonych o ok. 25, 50 i 75 m od pasa ruchu.

Tabela 1

Wykaz punktów pobrania prób glebowych
List of localities where soil samples were taken

Numer punktu Number of sample point	Nazwa najbliższej miejscowości Name of nearest city or village	Uruchomienie odcinka (rok) Highway section opened (year)	Ogólna charakterystyka użytkowania gruntów General description of sampled area usage
1	Babia	2002	zbiory łąkowe, głównie koszone grassland, mainly cut
2	Lądek		
3	Wola Koszucka		
4	Kotunia		
5	Młodziejewice		
6	Nagradowice — 1	2004	teren uprawny, burak cukrowy arable field, sugar beet
7	Nagradowice — 2		
8	Dopiewice		
9	Wilkowo		
10	Michorzewo		
11	Wąsówko — Kozie Laski		



Rys. 1. Rozmieszczenia punktów pobierania próbek gleby wzdłuż autostrady A2. Liczby odpowiadają kolejnym numerom stanowisk z tabeli 1

Fig. 1. Map of sample point distribution along A2 highway. Numbers refer to the number of sample point in table 1

Próbki pobierano za pomocą próbnika ze stali nierdzewnej, a glebę przechowywano i transportowano w workach polietylenowych. W miejscach pobierania próbek zmierzono również aktualną wilgotność gleby oraz przewodnictwo elektryczne roztworu glebowego (EC) metodą konduktometryczną (sonda WET, prod. Delta-T Devices Ltd. UK). Oznaczono również: skład granulometryczny oraz odczyn gleby, zawartość materii organicznej, jak również zawartości ołowiu, kadmu oraz chromu (formy ogólne metali, metoda ICP). Wyniki oznaczeń poddano analizie statystycznej za pomocą programu SAS (2004 a, b). O istotności różnic pomiędzy średnimi wnioskowano w oparciu o test najmniejszej różnicy Fishera, z prawdopodobieństwem 95%.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza statystyczna większości parametrów fizykochemicznych w badanych próbkach gleby wykazała brak istotnego zróżnicowania pomiędzy próbkami pobieranymi najbliżej korony jezdni (ok. 25 m) a odległymi ok. 50 i 75 m. Według niektórych autorów (Jaradat i Momani, 1999; Grigalaviciene i in., 2005; Akbar i in., 2006) przy tego typu zależności nie ma podstaw do wiązania pochodzenia ołowiu, kadmu i chromu w glebie z ruchem komunikacyjnym. Jedynie pH gleby było istotnie wyższe w próbach pobieranych najbliżej korony jezdni (tab. 2).

Tabela 2

Wyniki analiz fizyko-chemicznych prób gleby pobranych ze terenów rolniczych w pobliżu autostrady A2
Results of physical and chemical analysis of soil samples collected from cultivated land near A2
highway

Numer punktu No. of sample point	Odległość od jezdni Distance from the road	Wilgotność gleby Soil moisture (%)	Przewodnictwo roztworu glebowego (EC) Pore water conduct. (ms·m ⁻¹)	pH	Zawartość próchnicy Organic matter (%)	Udział frakcji Fraction share [%]			Zawartość metali ciężkich: Heavy metals contents mg/kg s.m. [ppm]		
						piasku sand 2-0,05	pyłu silt 0,05-0,002	iłu clay <0,002	Pb	Cd	Cr
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	25	27,9	104,6	7,3	2,9	74,7	23,4	1,9	7,6	0,11	14,5
	50	42,7	102,7	6,3	4,5	81,6	17,5	0,9	7,6	0,18	8,7
	75	46,8	97,6	6,6	4,7	78,4	20,4	1,2	10,9	0,22	13,2
	średnia/mean	39,1	101,6	6,7	4,0	78,2	20,4	1,3	8,7	0,17	12,1
2	25	23,1	114,4	7,6	1,4	73,2	24,6	2,2	9,3	0,05	17,0
	50	15,6	126,3	7,5	1,0	81,3	17,2	1,5	6,8	0,07	14,4
	75	17,3	98,8	4,3	1,3	71,8	26,0	2,2	12,1	0,10	11,8
	średnia/mean	18,7	113,2	6,5	1,2	75,4	20,4	2,0	9,4	0,07	14,4
3	25	3,9	46,0	5,2	1,6	93,2	6,8	0,0	11,0	0,04	4,1
	50	7,7	126,0	4,0	1,7	89,7	9,9	0,4	10,2	0,05	4,2
	75	6,5	42,0	3,7	1,7	89,3	10,3	0,4	7,9	0,04	4,1
	średnia/mean	6,0	71,3	4,3	1,7	90,7	20,4	0,3	9,7	0,04	4,2
4	25	27,6	111,6	7,0	4,5	73,2	25,0	1,8	15,2	0,16	17,1
	50	22,5	137,0	7,1	2,0	61,7	35,9	2,4	11,4	0,16	15,1
	75	12,3	83,5	6,3	1,4	82,2	16,6	1,2	10,4	0,13	9,6
	średnia/mean	20,8	110,7	6,8	2,6	72,4	20,4	1,8	12,3	0,15	13,9
5	25	9,1	154,4	6,9	2,7	72,0	25,8	2,3	11,1	0,15	16,1
	50	8,1	151,7	5,5	1,8	78,2	20,4	1,3	10,5	0,16	16,4
	75	7,7	162,7	6,2	2,0	62,0	34,7	3,3	9,1	0,18	16,6
	średnia/mean	8,3	156,3	6,2	2,2	70,7	20,4	2,3	10,2	0,16	16,4
6	25	18,7	111,4	7,2	1,2	67,2	29,8	3,0	12,1	0,08	12,0
	50	4,9	110,5	7,0	2,1	72,3	25,7	2,1	9,6	0,09	12,3
	75	4,5	100,7	6,1	2,4	72,1	25,7	2,2	8,0	0,14	10,3
	średnia/mean	9,4	107,5	6,8	1,9	70,5	20,4	2,4	9,9	0,10	11,5
7	25	12,3	60,1	5,9	0,9	74,6	23,1	2,4	10,2	0,11	8,0
	50	10,8	160,3	5,7	1,0	74,0	23,5	2,5	12,6	0,15	7,4
	75	11,7	104,1	5,1	1,0	80,3	18,1	1,6	7,8	0,13	6,3
	średnia/mean	11,6	108,2	5,6	0,9	76,3	20,4	2,1	10,2	0,13	7,2
8	25	7,6	102,9	7,0	1,3	78,1	20,0	1,9	11,0	0,05	8,0
	50	15,2	100,6	6,5	0,7	79,0	19,5	1,6	8,3	0,08	9,7
	75	11,5	95,3	6,0	1,1	76,4	21,6	2,0	7,9	0,10	7,6
	średnia/mean	11,4	99,6	6,5	1,0	77,8	20,4	1,8	9,1	0,08	8,4
9	25	14,7	97,2	7,1	1,5	65,0	31,7	3,3	14,1	0,12	12,9
	50	9,2	82,1	7,3	1,7	90,6	9,3	0,1	9,8	0,11	6,5
	75	10,1	87,7	7,4	1,0	92,7	7,1	0,1	7,5	0,12	6,1
	średnia/mean	11,3	89,0	7,3	1,4	82,8	20,4	1,2	10,5	0,12	8,5
10	25	10,1	166,9	7,4	0,7	71,4	25,8	2,9	12,3	0,11	11,8
	50	18,4	124,8	5,6	1,0	74,5	23,8	1,8	10,5	0,14	10,4
	75	22,7	159,8	7,1	1,3	63,5	33,3	3,2	10,7	0,15	14,0
	średnia/mean	17,1	150,5	6,7	1,0	69,8	20,4	2,6	11,2	0,13	12,1

c. d. Tabela 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11	25	17,9	89,8	7,2	0,7	79,1	18,7	2,2	5,5	0,05	6,9
	50	15,5	49,9	6,4	1,0	81,0	17,8	1,3	9,9	0,10	6,5
	75	12,0	64,6	7,0	1,0	74,4	23,3	2,3	11,7	0,10	7,0
	średnia/mean	15,1	68,1	6,9	0,9	78,2	20,4	1,9	9,0	0,08	6,8
Średnio dla odległości Mean for distance	25	14,4	92,8	6,3	1,6	68,5	21,2	2,0	10,0	0,09	10,7
	50	14,2	96,8	5,7	1,5	72,0	18,4	1,3	8,9	0,11	9,3
	75	13,6	87,9	5,4	1,6	70,3	19,8	1,6	8,7	0,12	8,9
średnia/mean	14,1	92,5	5,9	1,6	70,2	19,8	1,6	9,2	0,1	9,6	
NIR dla odległości LSD for distance		n.i.	n.i.	0,85	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
NIR dla punktów LSD for sample point		9,11	59,4	1,36	1,12	11,6	10,6	1,3	n.i.	0,04	3,69

Objaśnienie: n.i. – brak istotnej różnicy pomiędzy średnimi; Explanation: n.i. – no significant difference

Stwierdzono istotne różnice pomiędzy badanymi miejscami pod względem większości badanych parametrów, z wyjątkiem zawartości ołowiu (tab. 2). Oznaczone w badanych glebach zawartości ołowiu, kadmu oraz chromu nie przekraczały wartości dopuszczalnych dla tego rodzaju gleb, zgodnie z wartościami podanymi w Dzienniku Ustaw nr 165, poz. 1359, z roku 2002. Zawartość ołowiu wahała się od 5,5 do 15,2 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (wartość dopuszczalna dla tego typu gleb 100 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Zawartość kadmu wahała się od 0,04 do 0,22 (wartość dopuszczalna — 4,0 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), a chromu od 4,10 do 18,2 (wartość dopuszczalna — 150 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Badane gleby nie odbiegają zasadniczo pod względem zawartości ołowiu, kadmu i chromu od terenów użytkowanych rolniczo i położonych w tym regionie. Dla przykładu, średnia zawartość ołowiu w glebach użytków rolnych województwa wielkopolskiego wynosi 10,1 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (zakres od 0,2 do 206,7), a kadmu — 0,14 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (od 0,01 do 4,17) (Woch, 2007).

Zawartości metali ciężkich były w zróżnicowany sposób związane z badanymi parametrami fizykochemicznymi gleb (tab. 3).

Tabela 3

Wartości współczynników korelacji pomiędzy badanymi parametrami fizykochemicznymi gleby a zawartością ołowiu, kadmu i chromu
Correlation coefficients between soil characteristics and lead, cadmium and chrome contents

Zawartość metali ciężkich Heavy metals contents	Wilgotność gleby Soil moisture	Przewodnictwo roztworu glebowego (EC) Pore water conduct.	pH	Zawartość próchnicy Organic matter	Udział frakcji Fraction share [%]			Zawartość metali ciężkich: Heavy metals contents:	
					piasku sand 2–0,05	pyłu silt 0,05–0,002	iłu clay <0,002	Pb	Cd
Pb	-0,16	0,38	0,12	-0,02	-0,37	0,39	0,23	...	0,37
Cd	0,51	0,67 **	0,42	0,59	-0,57	0,59	0,37	0,37	...
Cr	0,34	0,75 **	0,46	0,41	-0,77 **	0,78 **	0,57	0,31	0,62 **

Objaśnienie: ** - istotność statyczna współczynnik korelacji na poziomie $\alpha < 0,05$, Explanation: ** - statistical significance at level of $\alpha < 0,05$

Dla zawartości kadmu i chromu stwierdzono istotne, dodatnie współczynniki korelacji z przewodnictwem roztworu glebowego (EC). Uwzględniając charakter użytkowania tych

terenów (pola uprawne) można z dużym prawdopodobieństwem założyć iż były na nich stosowane nawozy mineralne bądź organiczne. Z tym z kolei wiąże się wzrost stężenia jonów w roztworze glebowym oraz wzrost EC (Corwin i Lesch, 2005; Wei i in., 2006, Werben i in., 2008, Aimrun i in., 2009, Seifi i in., 2010). Stosowanie nawozów mineralnych oraz herbicydów i pestycydów, których użycia na danym terenie nie można wykluczyć, wiąże się z wprowadzaniem do gleby takich pierwiastków jak np. chrom i kadm (Lityński i Jurkowska, 1982; Rui i in., 2009). Na wspólne źródło pochodzenia kadmu oraz chromu może wskazywać dodatnia i istotna statystycznie wartość współczynnika korelacji zawartości tych dwu metali. Zawartości badanych metali ciężkich były również związane ze składem mechanicznym gleby. Mniejsze ilości metali ciężkich notowano w glebach o większym udziale frakcji piasku (2–0,05 mm).

W odniesieniu do zawartości metali ciężkich w środowisku często używany jest termin tzw. tła (Bezak-Mazur, 2001). Wartości wyższe od tła uważane są za dowód na zanieczyszczenie środowiska. Dla zawartości ołowiu w glebie wartości tła wahają się pomiędzy 20 a 40 mg·kg⁻¹, kadmu — 0,05–0,7 mg·kg⁻¹ a chromu — 15–60 mg·kg⁻¹ (Bezak-Mazur, 2001). W badanych próbach gleby poziom tła stwierdzono jedynie dla zawartości kadmu w 10 na 11 badanych prób oraz chromu w 1 próbie. Najwyższa stwierdzona w niniejszym doświadczeniu zawartość ołowiu była o 7,7 mg·kg⁻¹ niższa od minimalnej wartości poziomu tła. Zawartości m.in. ołowiu i kadmu przewyższające poziom tła stwierdzono natomiast w badaniach gleb terenów rolniczych powiatu Jeleniogórskiego (Kaszubkiewicz i Kawałko, 2009).

Wyniki podobne do opisanych, uzyskano w roku 2008 dla gleb pobranych w 2 punktach przy autostradzie A1 oraz w 38 punktach przy A2 (WIOŚ, 2009). Również przy drogach krajowych o znacznym natężeniu ruchu nie notowano znacznych przekroczeń dopuszczalnych stężeń metali ciężkich (Anonim, 2007). Jest to spowodowane wycofaniem z użycia tzw. paliw ołowiowych, których produkcja oraz obrót są w Polsce prawnie ograniczone (np. Dziennik Ustaw nr 11, poz.84, z dnia 11 stycznia 2001 oraz Dz. U. z dnia 18 lipca 2004).

PODSUMOWANIE

Na terenach położonych w bezpośrednim sąsiedztwie autostrad występuje wiele różnorodnych czynników szkodliwych, często w znacznych nasileniach (np. wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, hałas, pyły; Bezak-Mazur, 2001). Z uwagi na ograniczoną zakresem podjętych badań prezentację stanu środowiska rolniczego wzdłuż autostrady A2, nie można jednoznacznie stwierdzić, iż bezpośrednie otoczenie autostrady jest całkowicie bezpieczne dla produkcji rolniczej oraz dla życia i pracy ludzi.

LITERATURA

Anonim 2007. Budowa autostrady na odcinku Rzeszów — Przeworsk — Korczowa (granica państwa). Raport o oddziaływaniu na środowisko. Transprojekt Gdański, http://www.rzeszow.uw.gov.pl/img/2511240_584-ros-tomiv.pdf.

- Akbar K. F., Hale W. H. G., Headley A., D., Athar M. 2006. Heavy metal contamination of roadside soils of Northern England. *Soil & Water Res.* 1: 158 — 163.
- Aimrun W., Amin M. S. M., Rusnam M., Desa A., Hanafi M. M., Anuar A. R. 2009. Bulk soil electrical conductivity as an estimator of nutrients in the maize cultivated land. *European Journal of Scientific Research*, 43 (1): 37 — 51.
- Bezak-Mazur E. 2001. *Elementy toksykologii środowiskowej*. Skrypt nr 32. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce: 1 — 172.
- Christoforidis A., Stamatis N. 2009. Heavy metal contamination in street dust and roadside soil along the major national Road in Kavala's region, Greece. *Geoderma*, 51: 257 — 263.
- Corwin D. L., Lesch S. M. 2004. Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46: 11 — 43.
- Grigalaviciene I., Rutkoviene V., Marozas V. 2005. The accumulation of heavy metals Pb, Cu and Cd at roadside forest soils. *Polish Journal of Environmental Studies*. Vol. 14, no. 1: 109 — 115.
- Jaradat Q. M., Momani K. A. 1999. Contamination of roadside soil, plants, and air with heavy metals in Jordan. A comparative study. *Turk J. Chem.* 23: 209 — 220.
- Kabata-Pendias A., Pendias H. 1999. *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. PWN Warszawa.
- Kaszubkiewicz J., Kawalko D. 2009. Zawartość wybranych metali ciężkich w glebach i roślinach na terenie powiatu Jeleniogórskiego. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 40: 177 — 189.
- Kyzioł J. 1994. *Minerały ilaste jako sorbenty metali ciężkich*. Wyd. PAN, Wrocław-Warszawa-Kraków.
- Li F.-R., Kang L. F., Gao X. Q., Hua W., Yang F. W., Hei W. L. 2007. Traffic-related heavy metal accumulation in soils and plants in Northwest China. *Soils & Sediment Contamination* 16: 437 — 484.
- Lityński T., Jurkowska H. 1982. *Żyzność gleby i odżywianie się roślin*. PWN, Warszawa: 643 ss.
- Olajire A. A., Ayodele E. T. 1997. Contamination of roadside soil and grass with heavy metals. *Environment International*. Vo. 23, nr 1: 91 — 101.
- Rui Y., Zhang F., Shen J. 2009. Effects of nitrogen fertilization on heavy metal content of corn grains. *PHYTON, International Journal of Experimental Botany*, 78: 101 — 104.
- SAS Institute Inc. 2004 a. *SAS 9.1 Companion for Windows*. Cary, NC, USA, SAS Publishing, SAS Institute Inc.
- SAS Institute Inc. 2004 b. *SAS/STAT 9.1 User's Guide*. Cary, NC, USA, SAS Publishing, SAS Institute Inc
- Seifi M.R., Alimardani R., Sharifi A. 2010. How can soil electrical conductivity measurements control soil pollution? *Research Journal of Environmental and Earth Science*, 2 (4): 235 — 238.
- Wei M., Li T.L., Xu H., Wang X.F., Yin Y.D. 2006. Electrical conductivity and pH of root zone in soil affected by continuous and combined application of chemical fertilizer to cucumber cultured in solar greenhouses. *ISHS Acta Horticulturae* 761: XXVII Int. Hort. Congress — IHC 2006: International Symposium on Advances in Environmental Control, Automation and Cultivation Systems for Sustainable, High-Quality Crop Production under Protected Cultivation. http://www.actahort.org/members/showpdf?booknrarnr=761_63.
- Werben U., Kuka K., Merbach I. 2009. Correlation of electrical resistivity, electrical conductivity and soil parameters at a long-term fertilization experiment. *Near Surface Geophysics*, 7 (1): 5 — 14.
- WIOS, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska. 2009. *Raport o stanie środowiska w województwie łódzkim w 2008 roku*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Łódź: 180 ss.
- Woch F. 2007. *Wademekum klasyfikatora gleb*. Praca zbiorowa. IUNG, Puławy: 480 ss.