

Budapesti közterületek talajainak nehézfém-tartalma

KOVÁCS MARGIT ÉS NYÁRI ISTVÁN

Agrártudományi Egyetem Növénytani és Növényélettani Tanszék, Gödöllő, és
MTA Központi Fizikai Kutatóintézet Kémiai Főosztálya, Tömegspektrométer
Laboratórium, Budapest

A levegőszennyeződéssel, ipari és háztartási hulladékkal, a nagyvárosok talajaiban az egyes elemek (nehézfémek) nagyobb mennyiségben felhalmozódnak.

A „Man and Biosphere” program Project 11. keretében (Ecological aspects of energy utilization in urban and industrial systems) számos országban (pl. Anglia [4], Belgium [7], Görögország [8], Irak [9], Írország [5], Japán [15, 16, 17], Lengyelország [2, 3], Német Szövetségi Köztársaság [11, 13]) folynak vizsgálatok az emberi egészségre is ártalmas elemek felhalmozódásáról a nagyvárosi talajokban.

Az Észak-Amerikai Egyesült Államokban a nagyvárosi talajok elem- és peszticid-tartalmát az „Urban soils monitoring program” keretében vizsgálják [1, 10, 18].

Egy város levegő-, ill. környezetszennyezése lemérhető a talajok kémiai összetételében is, ez mintegy jelzője a tartós terhelésnek.

A budapesti agglomeráció ökológiai viszonyainak vizsgálata keretében többéves kutatási programban vizsgáljuk a város belső területe talajainak nehézfém-terhelését.

Budapesten a szálló porral havonta az egyes nehézfémekből a következő mennyiség jut 1 m^2 talajfelszínre [6]: Pb: 6,34—46,39 mg; Zn: 3,68—24,63 mg; Cu: 0,32—11,36 mg.

Anyag és módszer

A talajmintákat Budapest belső területén (66 minta), illetve ipari körzeteiben, parkokban, valamint utcai sorfák alól, a 0—10 cm-es rétegből gyűjtöttük. A Fe, Mn, Pb, Zn, Cu és Cd-tartalmat EDTA 1%-os talajkivonatban, Unicam atomabszorpciós spektrofotométerrel határoztuk meg.

Három minta (Budapest belső területe és két ipari körzete) tömegspektrométeres vizsgálata az MTA Központi Fizikai Kutatóintézet Kémiai Főosztálya Tömegspektrométer Laboratóriumában történt. A talajmintákat 5 órán át $105\text{ }^\circ\text{C}$ -on szárították, majd $600\text{ }^\circ\text{C}$ -on 2 órán át kvarc tégelyben hamvasztották. A hamut nagy tisztaságú grafitral homogenizálva mérték.

Az eredmények és értékelésük

A közlekedési utaktól néhány méter távolságra levő parkok talajában a vas mellett nagyobb mennyiségben még a cink és az ólom mutatható ki (1. táblázat, 1. ábra), de ezeknek sem az átlagos, sem a mért maximális értéke nem haladja meg a környezetvédelmi szempontból még megengedhető szintet (a tolerálható koncentrációt).

Az utcai sorfák alatt a talaj nehézfém-tartalmában szerepet játszik a közlekedésből származó emisszió mellett a szemét- és hulladéklerakás is. Legnagyobb mennyiségben a vas mérhető, a maximuma 1940 mg/kg. Jelentősebb még a cink- és az ólomtartalom is. Az ólom átlagértéke, a cink, a réz és a kadmium szélső értékei már meghaladják a talaj által tolerálható mennyiséget [12, 14].

A közlekedési utak mellett levő talajok átlagos nehézfém-tartalma mintegy 1,5–4,4-szerese a parkokban mért átlagértékeknek.

A nehézfém-tartalom alakulásában a terhelés mellett szerepet játszik a talajok szervesanyag-tartalma is. Az elvégzett számítások szerint (a korreláció-számítások elvégzéséért dr. PODANI JÁNOSNAK tartozunk köszönettel) a talaj szervesanyag-tartalma és az egyes elemek mennyisége között a következő összefüggés áll fenn (66 minta alapján):

Fe: $r = 0,319$ 1%-os szinten szignifikáns

Cu: $r = 0,251$ 5%-os szinten szignifikáns

Pb: $r = 0,280$ 2%-os szinten szignifikáns

Cd: $r = 0,346$ 1%-os szinten szignifikáns

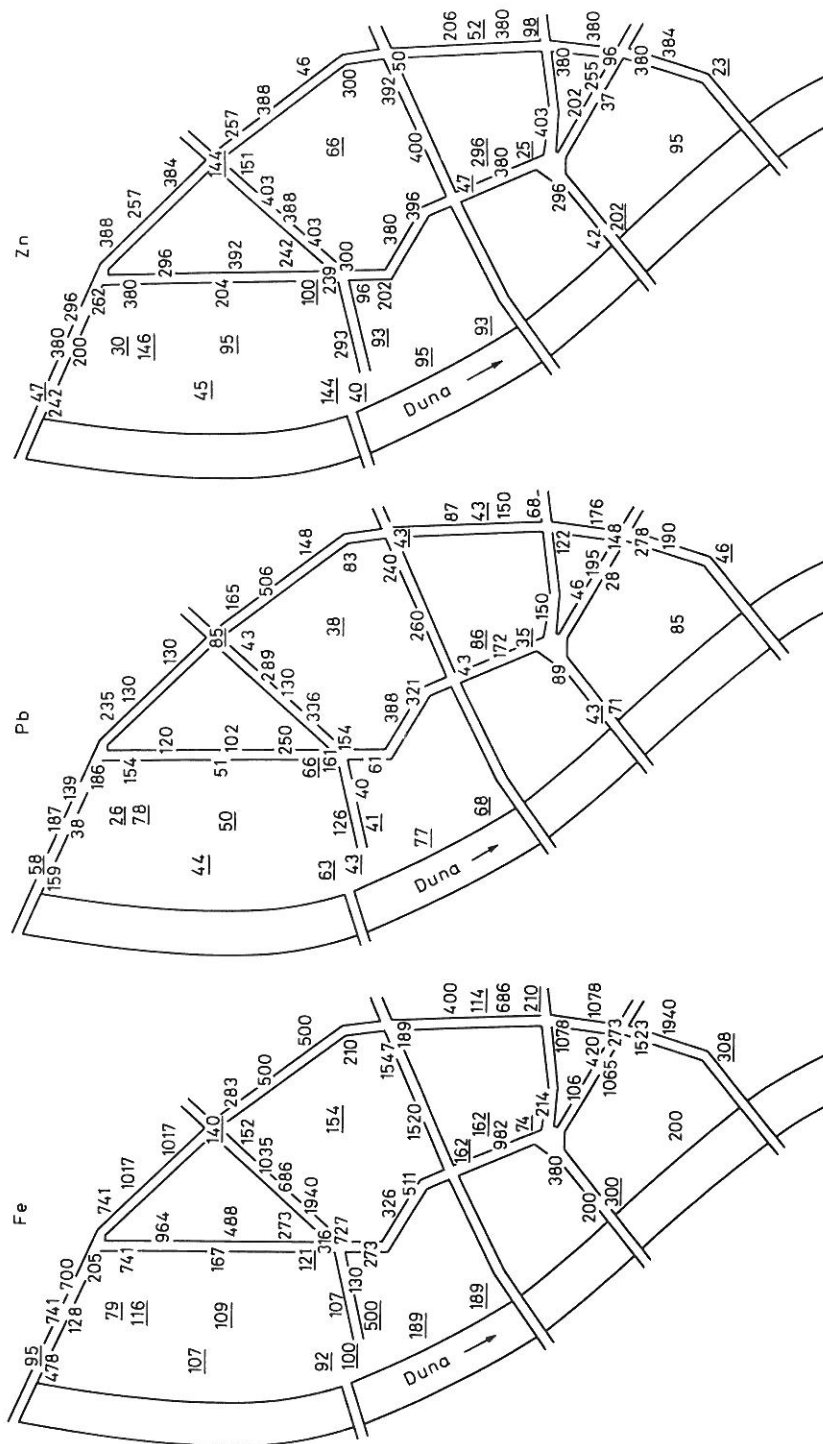
A tömegspektrométeres vizsgálatok szerint a belső városrészekben (VII. kerület) és a vizsgált két ipari körzetben (XIII. és XXII. kerület) az előzetes tájékoztató vizsgálatok alapján 56 elem volt kimutatható (2. táblázat), amelyek közül WOOD [21] szerint 18 — Bi, Pb, Hf, La, Ba, Sb, Sn, Cd, Nb, Zr, Se, As, Zn, Cu, Ni, Co, Ti, F — potenciálisan toxikusnak tekinthető. Ezek az elemek természetes körülmények között (a geokémiai környezettől függően, alapkőzetben és a talajban) is előfordulnak,

1. táblázat

A belső városrész talajainak kémhatása, humusz- és nehézfém-tartalma (átlag- és szélsőértékek)

pH	(1) Humusz ‰	Fe	Mn	Zn	Cu	Pb	Cd
		mg/kg					
A) Park, gyep alól (n = 20)							
7,2	5,1	146	59	86	19	55	1,8
6,9–7,6	2,7–8,0	79–300	26–143	23–246	9–38	36–86	1,4–2,8
B) Utca, sorfák alól (n = 46)							
7,4*	6,9	642	98	287	35	160	2,7
6,7–7,4*	1,5–19,2	102–1940	27–275	37–403	11–75	28–506	1,4–4,1

* 12 minta pH-értékét mértük



1. ábra
A talaj Fe-, Pb- és Zn-tartalma Budapest belső területén (mg/kg). Az aláhúzott adatokat parkok talajában mérték

azonban az emberi tevékenység révén a városi—ipari környezetben az eloszlásuk mértéke megváltozik.

A toxikus elemek a következő módokon kerülnek be a városi talajokba:

— a szálló porral (a város és környéke geokémiai viszonyaitól függően);
 — éghető fossziliákkal (a hazai kőszének hamujából többek között Ni, Co, Ag, Zr, Ga, Sn, Pb, As, Ba, Ti, Zn, Cd mutatható ki [20], továbbá a benzin égéstermékéként nagyobb mennyiségű Pb és Br jut a levegőbe);

— ipari tevékenységgel (Zr, Pb, W, Zn, Cu, As stb.).

A legtöbbször elemet a Nagykörútról (Royal Szálló környéke) származó talajminta (2. táblázat, 1. minta) tartalmazza, és megemlítendő a lantanidák

2. táblázat

Budapest talajainak elemtartalma (mg/kg)

(1) Elem	(2) Minta			(1) Elem	(2) Minta		
	1.	2.	3.		1.	2.	3.
U	2,9	—	—	Sr	410	900	820
Th	2,8	—	—	Rb	36	150	130
Br*	25	260	12	Br	6,7	2	1,2
Pb*	320	720	+ (~ 4800)	Se	4,9	2	1,8
Tl	0,89	—	—	As*	23	19	86
Hf*	1,5	—	—	Ge	1600	260	16
Ho	0,50	—	—	Ga	50	15	20
Dy	3,5	—	—	Zn*	310	140	2400
Tb	0,97	—	—	Cu*	80	240	1500
Gd	11	—	—	Ni*	39	56	51
Eu	0,96	—	—	Co*	3,6	15	6,7
Sm	8	—	—	Fe	++	++ (~ 5%)	++ (~ 5,3%)
Nd	20	15	14	Mn	1600	++ (~ 3400)	1800
Pr	8,6	3,5	3,2	Cr	97	150	670
Ce	48	39	36	V	89	320	290
La*	24	35	16	Ti*	+	++ (~ 7800)	++ (~ 3400)
Ba*	320	650	2100	Sc	37	56	10
Cs	1,6	—	7,6	Ca	+++	+++	+++
J	0,39	—	—	K	++	+	+
Te	16	—	—	Cl	370	110	260
Sb*	3,7	25	110	S	1900	2300	1700
Sn*	15	25	340	P	1800	770	1800
Ag	6,3	—	—	Si	+++	+++	+++
Mo*	3,6	—	—	Al	+	++	++
Cd	—	—	9,8	Mg	+	++	++
Nb*	38	12	11	Na	530	2900	260
Zr*	280	290	81	F*	110	47	43
Y	27	22	20	B	17	33	68
				Be	0,73	—	—

* toxikus elemek (WOOD [21] alapján)

+ = 0,5 - 1%; ++ = 1 - 10%; +++ = > 10%

1. Budapest VII., Lenin krt (Royal Szálló közelében)

2. Budapest XIII., Madarász Viktor utca (Akkumulátor- és Szárazelemgyár közelében)

3. Budapest XXII., Anger Jakab utca (Metallochémia közelében)

előfordulása. Viszonylag nagy a talaj Pb-, Ba-, Zn- és Se-tartalma. A nagyobb mennyiségű Cl a szórósó alkalmazásának a következménye.

Nagyobb ólomtartalom (720 mg/kg) mutatható ki a XIII. kerületi ipari körzetben (2. táblázat, 2. minta), ahol a toxikus elemek közül a Bi, Ba, Cu, Ti volt mérhető nagyobb mennyiségben. Különösen aggasztó a 3. minta származási helye

3. táblázat

Elemek mért maximális mennyisége Budapesten, és a tolerálható koncentráció

(1) Elem	(2) Max. mennyiség	(3) Tolerálható mennyiség ⁺	(4)	(1) Elem	(2) Max. mennyiség	(3) Tolerálható mennyiség ⁺	(4)
	mg/kg talaj				mg/kg talaj		
U	2,9	5	—	Ga	50	10	5,0 ×
Th	2,8	1	2,8 ×	Zn	2400	300	8,0 ×
Pb	4800	100	48,0 ×	Cu	1500	100	15,0 ×
Sb	110	50	2,2 ×	Ni	56	50	1,1 ×
Sn	340	5	68,0 ×	Co	15,0	50	—
Cd	9,8	3	3,2 ×	Cr	670	100	6,7 ×
Zr	290	300	—	V	320	50	6,4 ×
Br	6,7	10	—	Ti	7800	5000	1,5 ×
Se	4,9	10	—	B	71	25	2,8 ×
As	86	20	4,3 ×	Be	0,73	10	—

⁺ KLOKE [14] alapján

(XXII. kerület), ahol az ólomtartalom 4800 mg/kg körül van, és ez 48-szor több (!) mint a talaj által tolerálható mennyiség. Az ólom mellett még ipari szennyezésből származik az Sb, Sn, Cd, Zn és Cu. Mind a hat elemnél nagyobb a mért koncentráció, mint amit a talaj tolerálni képes.

KLOKE [14] szerint, ha a talajban 2000 mg/kg Pb, vagy 500 mg/kg Zn, vagy 5 mg/kg Cd van, a növény károsodásával kell számolni. Ha mindhárom elem jelen van, együttes számított mennyisége (mg/kg Pb + 4 × mg/kg Zn + 400 × mg/kg Cd) nem lehet több mint 2000 mg/kg. A 3. minta adatai alapján a 3 elemre elvégzett számítás eredménye 18 320 (!). Az adatok ebben az ipari körzetben a talajok nagymértékű szennyezettőségét jelzik.

Veszélyt jelent a Pb, Cd, As, Zn, Ni, Co, Cr és a Be nagy koncentrációja, mivel ezen a területen házkörüli kertek vannak, ahol zöldség- és gyümölcsstermesztés is folyik.

KLOKE [14] szerint a fenti elemek meghatározott vegyületeikben karcinogén hatásúak lehetnek. Ha mennyiségük túllépi a talaj által tolerálható koncentrációt (3. táblázat, vö. 1. ábra), úgy az ott termelt növények elfogyasztása veszélyt jelent az ember és az állat számára.

Összefoglalás

Budapest városcentrumában és ipari körzeteiben fokozódó veszély, hogy a talajban mind nagyobb mennyiségben fordulnak elő toxikus elemek (többek között nehézfémek), amelyek potenciálisan károsak a nagyváros élő szervezeteire, tulajdonságukkal vagy koncentrációjukkal az élő szervezetekben élettani zavart, károsodást vagy pusztulást okozhatnak.

A belső városrészben az utcai sorfák alatt, és az ipari körzetek talajaiban az ólom, cink, réz és a kadmium mennyisége gyakran meghaladja a talaj által tolerálható koncentrációt.

A tömegspektrométerrel végzett vizsgálatok szerint Budapest talajaiban 18, potenciálisan toxikus elem mutatható ki: a Bi, Pb, Hf, La, Ba, Sb, Sn, Cd, Nb, Zr, Se, As, Zn, Cu, Ni, Co, Ti, F.

A város néhány területén, ahol gyümölcs-, zöldség- és szőlőtermesztés is folyik a családi házak kertjeiben, fennáll a veszélye, hogy az említett elemek a táplálékláncba kerülnek.

Irodalom

- [1] CAREY, A. J. et al.: Heavy metal concentrations in soils of five United States cities, 1972. Urban soils monitoring program. *Pesticides Monitoring Journal*. **13**. 150—154. 1980.
- [2] CZARNOWSKA, K.: The accumulation of heavy metals in soils and plants in Warsaw area (exemplified by grass and mosses). *Polish J. of Soil Sci.* **7**. 117—122. 1974.
- [3] CZARNOWSKA, K.: Heavy metals in the soils of the zoological garden in Warsaw. *Polish J. of Soil Sci.* **9**. 101—106. 1976.
- [4] DAVIES, D. E., CONWAY, D. & HOLT, S.: Lead pollution of London soils: a potential restriction on their use for growing vegetables. *J. agric. Sci. (Cambridge)* **93**. 749—752. 1979.
- [5] FLEMING, G. A. & PARLE, P. J.: Heavy metals in soils, herbage and vegetables from an industrialised area west of Dublin city. *Ir. J. agric. Res.* **16**. 35—48. 1977.
- [6] GAJDOS J., KOLLÁR K. & FEKETE M.: A levegő ipari és közlekedési eredetű ólomszennyezettsége a fővárosban. *Budapesti Közegészségügy*. **12**. 116—118. 1980.
- [7] IMPENS, R. et al.: Voies de transfert d'éléments traces non essentiels dans le système sol—air—plante. *Pédologie*. **29**. 311—323. 1979.
- [8] KARATAGLIS, S. S. & ALEXIADIS, C.: Environmental lead pollution. *Ber. dtsh. bot. Ges.* **95**. 441—447. 1982.
- [9] KHALID, B. Y., SALIH, B. M. & ISSAC, M. W.: Lead contamination of soil in Baghdad City, Iraq. *Bull. Environm. Contam. Toxicol.* **27**. 634—638. 1981.
- [10] KLEIN, D. H.: Mercury and other metals in urban soils. *Environm. Sci. Technol.* **6**. 560—562. 1972.
- [11] KLOKE, A.: Blei-Zink-Cadmium. Anreicherung in Böden und Pflanzen. *Staub- Reinhaltung der Luft*. **34**. 18—21. 1974.
- [12] KLOKE, A.: Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden. *Mitteil. des Verbandes Deutsch. Landw. Untersuchungs- und Forschungsanstalten*. (3) 32—38. 1977.
- [13] KLOKE, A.: Zur Belastung von Böden und Pflanzen mit Schadstoffen in und um Ballungsbereichen. *Ber. Landwirtschaft*. **55**. 633—639. 1977/1978.

- [14] KLOKE, A.: Kontamination durch Schwermetalle. In: Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie. 4. Aufl. 502–506. Weinheim. 1981.
- [15] KOMAI, Y.: Heavy metal pollution in urban soils. In: Heavy metal pollution in soils of Japan. (Eds.: KITAGISHI, K. & YAMANE, I.) 193–217. Tokyo. 1981.
- [16] KOMAI, Y.: Heavy metal contamination in urban soils. I–II. Bull. of the Univ. Osaka Prefecture, Series B. 33. 7–15. 17–22. 1981.
- [17] KOMAI, Y. & YAMAMOTO, K.: Heavy metal contamination in urban soils. III. Bull. of the Univ. Osaka Prefecture. Series B. 34. 47–56. 1982.
- [18] LINZON, S. N. et al.: Lead contamination of urban soils and vegetation by emissions from secondary lead industries. J. Air Pollut. Control Ass. **26**. 650–654. 1976.
- [19] MÜLLER, K. H.: Der Bleigehalt innerstädtischer Böden als Mass für die Entsorgung von Kraftfahrzeug-Abgasen. Naturwissenschaften. **66**. 108–109. 1979.
- [20] SZÁDECZKY-KARDOSS E. & FÖLDVÁRI-VOGL M.: Geokémiai vizsgálatok Magyarország közszeneinek hamuin. Földtani Közl. **85**. 7–42. 1955.
- [21] WOOD, J. M.: Biological cycles for toxic elements in the environment. Science, **183**. 1049–1052. 1974.

Érkezett: 1984. április 25.

Heavy Metal Concentrations in the Urban Soils of Budapest

M. KOVÁCS and I. NYÁRI

Dept. of Botany and Plant Physiology, Univ. of Agricultural Sciences, Gödöllő and
Central Research Institute for Physics of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

Some elements, such as heavy metals and environmental chemicals, have accumulated in the soils of metropolitan areas as a result of air pollution, industrial emission and refuse disposal.

Within the framework of a long-term ecological study, samples were taken from the upper 10 cm of soils in parks as well as from below ornamental trees bordering the roads in downtown Budapest (66 samples) and in industrial areas of the city.

Fe, Mn, Pb, Zn, Cu and Cd concentrations were determined in 1% EDTA extracts using a Unicam atomic absorption spectrophotometer.

Three soil samples — one taken in downtown and two collected in industrial areas — were analyzed through mass-spectrometry at the Central Research Institute for Physics. The soil samples were dried for five hours at 105 °C and then burnt to ashes for two hours at 600 °C in quartz pots. The concentrations of elements were determined in such a way that the ashes were homogenized with pure pulverized graphite.

In the central and industrial areas of Budapest the increased concentrations of toxic elements (including heavy metals) in the soil reach more and more dangerous levels. Those called environmental chemicals represent a potential hazard to all organisms living in the city. The chemical reactions, or simply the increased concentrations of these elements may cause physiological disorder, damage and even death.

In downtown areas, below roadside trees and in the industrial districts the concentrations of lead, zinc, copper and cadmium often exceed the level tolerated by soils.

Mass-spectrometry detected eighteen potentially toxic elements in the soils of Budapest. These are: Bi, Pb, Hf, La, Ba, Sb, Sn, Cd, Nb, Zr, Se, As, Zn, Cu, Ni, Co, Ti and F.

The above elements may get into the food-chain in some parts of the city, particularly where orchards, vegetable gardens and vineyards are cultivated in residential communities.

Table 1. pH, humus content and heavy metal concentrations in soils in the downtown area of Budapest. (Average and limit values). (1) Humus, per cent. Soil samples collected in parks from below the turf — 20 samples (A) and in streets from below roadside trees — 46 samples (B). *The pH values of twelve soil samples were measured.

Table 2. Elemental concentrations in the urban soils of Budapest, mg/kg. (1) Element. (2) Sampling site: 1. VII. district (Near Grand Hotel Royal); 2. XIII. district (near a factory producing accumulators and dry batteries); 3. XXII. district (near "Metallochemia" factory). *Toxic elements according to WOOD [21].

Table 3. Maximum elemental concentrations measured in soils in Budapest and the tolerable levels. (1) Element. (2) Maximum concentration measured, mg/kg. (3) Tolerable level (according to KLOKE [14], mg/kg. (4) How many times does the max. measured concentration exceed the tolerable level?

Fig. 1. The concentrations of Fe, Pb and Zn in downtown Budapest, mg/kg. Underlined data were measured in soil samples taken in parks.

Schwermetallkonzentration in den Böden der öffentlichen Gebiete von Budapest

M. KOVÁCS und I. NYÁRI

Lehrstuhl für Botanik und Pflanzenphysiologie der Agrarwissenschaftlichen Universität, Gödöllő,
und Zentrales Forschungsinstitut für Physik der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest

Zusammenfassung

Es besteht die Gefahr, dass die toxischen Elemente (einschliesslich Schwermetalle) im Gebiet der Innenstadt und der Industriebezirke in immer grösseren Mengen im Boden vorkommen können. Diese Elemente können infolge ihrer Eigenschaften oder ihrer Konzentration in den lebenden Organismen Störungen, Schädigungen, oder sogar deren Vernichtung verursachen.

Die zur Untersuchung gelangenden Bodenproben wurden in der Innenstadt, bzw. in den Industriebezirken, in Parks und unter Baumreihen aus der 0—10 cm Bodenschichte genommen. Der Gehalt an Fe, Mn, Pb, Zn, Cu und Cd wurde aus einem 1%-igen EDTA Bodenextrakt mit einem Atomabsorptionsspektrophotometer vom Typ UNICAM bestimmt.

Die Analyse von drei Proben (eine aus der Innenstadt und zwei aus Industriebezirken von Budapest) erfolgte mit einem Funken-Massenspektrometer im Zentralen Forschungsinstitut für Physik der Ungarischen Akademie der Wissenschaften.

In den Böden der Parks, die von den Verkehrsstrassen einige Meter entfernt lagen, konnte neben Fe (79—300 mg/kg) auch Zn (23—246 mg/kg) und Pb (36—86 mg/kg) in grösseren Mengen nachgewiesen werden.

In den Böden unter den Baumreihen betrug die maximale Menge von Fe (nach den bisherigen Messungen) 1940 mg/kg. In bedeutenden Mengen war noch Zn (37—403 mg/kg) und Pb (28—506 mg/kg) nachzuweisen. Der Mittelwert von Pb, sowie die Extremwerte von Zn, Cu and Cd überschritten schon die im Boden tolerierbaren Mengen.

Laut den massenspektrometrischen Untersuchungen konnten in den Bodenproben von Budapest 18 Elemente, und zwar Bi, Pb, Hf, La, Ba, Sb, Sn, Cd, Nb, Zr, Se, As, Zn, Cu, Ni, Co, Ti und F nachgewiesen werden, die als potentiell toxisch zu betrachten sind.

Tab. 1. Reaktion, Humus- und Schwermetallgehalt der Böden der Innenstadt (Mittel-, sowie Extremwerte). (1) Humus, %, A) Aus Parks, unter dem Rasen (20 Proben). B) Von Strassen, unter Baumreihen (46 Proben). *Die pH-Werte wurden bei 12 Proben bestimmt.

Tab. 2. Elementengehalt der Böden von Budapest (mg/kg). (1) Element. *Toxische Elemente (nach WOOD [21]). (2) Herkunftsort der Proben: 1. Budapest VII. Bezirk, Lenin-Ring (in der Nähe des Hotels Royal). 2. XIII. Bezirk, in der Nähe der Akkumulator- und Trockenelementfabrik. 3. XIII. Bezirk, in der Nähe des Betriebes „Metallochemia“.

Tab. 3. Maximale, bestimmte Werte der Elemente in den Bodenproben von Budapest, sowie ihre tolerierbare Konzentration. (1) Element. (2) Maximale Menge, mg/kg Boden. (3) Tolerierbare Menge, mg/kg Boden. * nach KLOKE [14]. (4) Um das Wievielfache übertrifft die bestimmte Menge die tolerierbare?

Abb. 1. Fe-, Pb- und Zn-Gehalt der Böden in der Innenstadt von Budapest (mg/kg). Die unterstrichenen Angaben stammen von in Parks genommenen Bodenproben.

Содержание различных тяжелых металлов в почвах районов Будапешта

М. КОВАЧ и И. НЬАРИ

Аграрный Университет, Кафедра Ботаники и физиологии растений, Гёдёллэ и
Центральный научно-исследовательский институт физики, ВАН, Будапешт

Резюме

В центре Будапешта и в его промышленных районах постоянно имеется угроза значительного увеличения содержания в почвах токсических элементов (среди них и тяжелых металлов). Свойства или концентрации этих элементов вызывают расстройство в жизненных процессах живых организмов, наносят им вред или причиняют гибель.

Образцы почв брали в центральных (66 образцов) и промышленных районах Будапешта, в парках, между деревьями на улицах города из слоя 0—10 см. Содержание Fe, Mn, Pb, Zn, Cu и Cd в 1%-ых вытяжках EDTA определили с помощью атом абсорбционного спектрофотометра УНИКУМ.

В трех образцах — центральный и два промышленных района — содержание элементов определили искровым массоспектрометром в Центральном НИИ физики ВАН.

В почвах парков, находящихся в нескольких метрах от транспортных дорог, наряду с железом (79—300 мг/кг) в значительном количестве обнаружили цинк (23—246 мг/кг) и свинец (36—86 мг/кг).

В почвах под древесными насаждениями на улицах города максимальное количество железа (по данным проведенных до сих пор анализов) составляло 1940 мг/кг. Значительным было содержание цинка (37—403 мг/кг) и свинца (28—506 мг/кг). Среднее содержание свинца, крайние величины содержания цинка, меди и кадмия уже превышали количества переносимые почвой.

По результатам массоспектрографических измерений в почвах Будапешта можно считаться с 18 потенциально токсическими элементами, такими как: Bi, Pb, Hf, La, Ba, Sb, Sn, Cd, Nb, Zr, Se, As, Zn, Cu, Ni, Co, Ti, F.

Табл. 1. Реакция среды, содержание гумуса и тяжелых металлов в почвах центральных районов Будапешта (средние и крайние величины). (1) Гумус, %. А) Парк, под дерниной (20 образцов). В) Улица, под посадками деревьев (46 образцов). *В 12 образцах определили pH.

Табл. 2. Содержание различных элементов в почвах Будапешта (мг/кг). (1) Элемент. *Токсичные элементы (По WOOD [21]). (2) Место взятия образцов: I. Будапешт, VIII район, Проспект Ленина, вблизи гостиницы Рояль. 2. XIII район, вблизи завода по производству аккумуляторов и сухих батарей. 3. XXII район вблизи Металлхимии.

Табл. 3. Максимальное количество измеренных в Будапеште элементов и их концентрации, которые почва еще способна выносить. (1) Элемент. (2) Максимальное количество, мг/кг почвы. (3) Количество элементов толерируемые почвой, мг/кг почвы. + По КЛОКЕ [14]. (4) Соотношение измеренного количества к тому количеству, которое еще может выноситься почвой.

Рис. 1. Содержание железа, свинца и цинка в почвах центральных районов Будапешта (мг/кг). Подчеркнутые данные были получены для почв парков столицы.