

---

# A kémhatás és a vegetációs mintázat térbeli összefüggései nehézfémekkel szennyezett területen

Kovács Elza – Tamás János

Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum,  
Mezőgazdaságtudományi Kar,  
Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék, Debrecen

## ÖSSZEFOGLALÁS

A szennyezett területeken a szennyező anyagok biológiai felvehetőségére, valamint felszín alatti mozgékonyosságára, azaz a tényleges kockázati tényezőre nem következtethetünk csupán a teljes elemtartalom ismeretében. A nehézfémek nagymértékben eltérő kémiai karaktere igen változatos kötési formákat eredményez, ahol azok ténylegesen mobilis és mobilizálható hányadát bonyolult és a környezeti feltételek változására igen érzékeny, egyensúlyi folyamatok határozzák meg. A bányameddők esetében azonban nehézfémek alapvetően ércek formájában fordulnak elő, és e közegek relatív kis adszorpciós-kapacitással jellemezhetők, ennek megfelelően a talajoldatba kerülő nehézfém-ionok koncentrációját a kémhatás nagymértékben meghatározza. A Gyöngyösoroszi bányászati eredetű közegen a nehézfém-koncentráció eloszlását, valamint a jellemző kémhatás-viszonyok felmérését követő részletes növényzeti vizsgálattal összefüggést kerestünk a közeg teljes nehézfém-koncentrációja, a bányameddő esetében a növények által felvehető fém-hányadot nagymértékben meghatározó kémhatás-viszonyok, és az egyes növényfajok megtalálhatósága között. Az eredmények alapján az egyes növényfajok jelenléte a toxikus elemeket tartalmazó bányameddőkön nagymértékben meghatározott a kémhatás-viszonyok által, a legnagyobb vegetációsűrűség ott volt jellemző, ahol a toxikus elemek biológiai felvehetősége a közel semleges pH-jú közegekből a legkisebb mértékűnek feltételezhető. Ezzel magyarázható, hogy az extrém magas cink-, réz-, ólom- és arzén-koncentráció mellett is jelentős a növényborítás és nagy a faji diverzitás. Emellett jól azonosíthatók a nagyobb tűrőképességű fajok, amelyek alacsonyabb pH-jú területeken is előfordulnak, ahol ekkor a talajoldatban felvehető formában relatív magas a nehézfém-koncentráció.

## SUMMARY

It is not possible to gain information on the risk factor representing the bioavailability and the mobility of the contaminants only on the basis of their total concentrations. Especially, in case of heavy metals, which can be characterised with very different chemical forms and their mobil and mobilizable parts are determined by complex balances highly sensitive to the changing environmental conditions. Considering mine tailings, however, the toxic elements are basically in ore forms having low adsorption capacity, thus the heavy metal ion concentration in solution is governed mainly by the pH conditions. In Gyöngyösoroszi, the spatial distribution of the total heavy metal concentrations as well as that of pH values determining the bioavailable part of the toxic elements were estimated and by mapping the vegetation pattern, relationship was analysed among the total Zn, Cu, Pb and As concentrations, the pH and the species present. Results show that the presence of the certain plant species is highly determined by the pH on the mine tailing material, the highest vegetation density was found where the bioavailability of

the toxic elements were considered the smallest as a result of the neutral pH. As a result, high diversity could be found even in places where the total zinc, copper, lead and arsenic concentrations were extreme. In addition, plant species could be identified, which are tolerant to toxic elements and present even if the pH is low and the bioavailable part of the heavy metals is relatively high.

## BEVEZETÉS

Világszerte számos területen jellemző a bányászati tevékenység eredményezte meddőhányókból és az ércdúsítási iszapokból származó nehézfém-szennyezés (Svetnik, 1997). Az Európai Környezetállapot-jelentés (EPA, 1995) megállapítja, hogy e lerakók az egyik legjelentősebb környezeti és humán-egészségügyi kockázatot jelentik. A szennyezett területeken a szennyező anyagok biológiai felvehetőségére, valamint felszín alatti mozgékonyosságára, azaz a tényleges kockázati tényezőre azonban nem következtethetünk csupán a teljes elemtartalom ismeretében. A nehézfémek nagymértékben eltérő kémiai karaktere igen változatos kötési formákat eredményez, ahol azok ténylegesen mobilis és mobilizálható hányadát bonyolult és a környezeti feltételek változására igen érzékeny, egyensúlyi folyamatok határozzák meg (Adriano, 1992). A nehézfémek biológiailag felvehető hányadának becslésére egy megközelítés a vegetációs mintázat vizsgálata olyan vizsgálati területen, ahol a vizsgált közeg származását tekintve homogén. Ilyen esetben információt nyerhetünk arra vonatkozóan, hogy a potenciálisan felvehető nehézfém-koncentrációt a közeg kémhatása milyen mértékben határozza meg, valamint az egyes növényfajok milyen mértékben toleránsak a vizsgált környezeti feltételekre.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálati helyszíneként egy a volt Gyöngyösoroszi Ércelőkészítő környezetében található magas nehézfém-tartalmú flotált iszappal szennyezett területet választottunk. A főként szfalerit és galenit bányászatából származó dúsított ércek iszapja nagy koncentrációban tartalmaz cinket, kadmiumot, ólmot és rézet.

A területen a közeg nehézfém-koncentráció eloszlását, valamint a jellemző kémhatás-viszonyok felmérését követő részletes növényzeti feltárás célja az volt, hogy összefüggést találjunk a közeg teljes nehézfém-koncentrációja, a növények által felvehető fém-hányadot meghatározó kémhatás-viszonyok, és

az egyes növényfajok megtalálhatósága között. Az elemzés egy 50 cm x 50 cm-es rácshálóval felosztott, 5 m x 8 m nagyságú területen 2001. szeptemberben és egy 2002. májusban végzett növényteni felmérés adataiból történt. A vizsgálatot csak azon fajokra nézve végeztük el, ahol az egyedszám kellően nagy volt, így került elemzésre az egygyári perje (*Poa annua*), a réti perje (*Poa pratensis*), a szeder (*Rubus caesius*), a felemáslevelű csenkesz (*Festuca heterophylla*), az apró lucerna (*Medicago minima*) és a terjőke kígyószisz (*Echium vulgare*).

Az elem-tartalom roncsolás-mentes meghatározását NITON XL-703 <sup>109</sup>Cd zárt sugárforrást és félvezető detektort tartalmazó terepi hordozható röntgen fluoreszcens (FPXRF) spektrométerrel végeztük a szabályos rácsháló 160 pontján. A hordozható terepi röntgen-fluoreszcens spektrométer teljes elem-tartalom mérését teszi lehetővé, és figyelembe veszi a mátrix-hatásokat is, amelyek Compton-normalizációval kerülnek korrekcióra. A készülékkel belső-kalibráció után, majd standardokkal való ellenőrző méréseket követően végeztünk koncentráció-meghatározást az alábbi elemekre: molibdén, cirkónium, stroncium, rubídium, ólom, szelén, arzén, higany, cink, nikkel, kobalt, vas, mangán, króm. A mérést 60, a készülék által meghatározott időegységig végeztük terepen in situ, minta-előkészítés nélkül. A bányameddőre nézve a megbízhatóság vizsgálati eredményeit korábban ismertették (Kovács és Tamás, 2002).

A 160 közegminta kémhatását az MSZ – 08 0206 / 2 – 78 szabvány szerint mértük. A közeg pH-értékét 1:2,5 arányú ioncserélt víz-közeg szuszpenzióban potenciometriásan határoztuk meg.

Az összefüggés-vizsgálat a közeg teljes nehézfém-koncentrációjára, a kémhatás-viszonyokra és az egyes növényfajok előfordulására Grapher 3.0 szoftver alkalmazásával történt.

## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A vizsgált területen a toxikus elem koncentráció tág határok között változik. Az arzén-tartalom a területen 183-803 mg kg<sup>-1</sup> koncentráció-tartományban, a réz 483-18394 mg kg<sup>-1</sup>, a cink 1690-81971 mg kg<sup>-1</sup>, míg az ólom 2730-12397 mg kg<sup>-1</sup> koncentráció-tartományban jellemző. A teljes elemtartalom figyelembevételével azonban nem mutatható ki egyértelmű összefüggés a toxikus elemek térbeli eloszlása és a növényzet mintázata között (Aliczki és mtsai, 2002), mivel a területen a kémhatás-viszonyok szintén nagymértékben változnak, ami meghatározza a bányászati melléktermékből kioldott, talajoldatban jellemző nehézfém-koncentrációt. A területen a jellemző pH-tartomány: 2,46-7,5.

Az 1-4. ábrák, ahol az egyes elemekre nézve a kémhatás és a közegre jellemző nehézfém-koncentráció függvényében ábrázoltuk, hogy az egyes növényfajok megtalálhatók-e, jól mutatják, hogy egyes fajok csak bizonyos kémhatás-viszonyok és nehézfém-koncentráció mellett és eltérően széles tartományokban megtalálhatók, bár a területen

jellemzően találhatók szélsőségesen savas kémhatással jellemezhető részek is. A toxikus elem koncentrációk és pH-értékek mérsékelt aszimmetrikus, egymódusú eloszlást mutatnak. Általánosságban az előforduló növényfajok inkább a kémhatásra érzékenyek, mint a közegben jellemző hozzáférhető, felvehető nehézfém-tartalomra, amit az igazol, hogy míg a kémhatás-tartomány, ahol növényzet található, viszonylag szűk, átlagosan pH 5,5-7,5 között jellemző, addig a közeg teljes nehézfém-tartalma (ahol szintén van növényborítás), ami a pH függvényében eltérő hányadban potenciálisan felvehető a növények által, egyes fajoknál széles tartományt ölel fel. A kémhatás emellett nemcsak a toxikus elemek vízben való oldhatóságát határozza meg, hanem egyéb fiziológiai szempontból létfontosságú talajtani jellemzőt is.

Az arzén tekintetében az egygyári perje képviselői legnagyobb számban azokon a területeken megtalálhatók, ahol a pH 5,5-7,5 tartományban jellemző, és arzén-koncentráció maximum 600 mg kg<sup>-1</sup>. A réti perjére ugyanezek sorrendben: pH 5-7,5; 750 mg kg<sup>-1</sup>, szederre: pH 5,5-7,5; 550 mg kg<sup>-1</sup>, felemáslevelű csenkeszre: pH 4,5-7; 600 mg kg<sup>-1</sup>, apró lucernára pH 4-7; 800 mg kg<sup>-1</sup> és terjőke kígyósziszre pH 6-7,5; 500 mg kg<sup>-1</sup>.

Tekintve a réz szennyezést, a réti perje képviselői jellemzően a pH 5-7,5 tartománnyal, és 5000 mg kg<sup>-1</sup> réz-koncentráció maximummal jellemezhető területeken megtalálhatók. Az egygyári perjére ugyanezek sorrendben: pH 5-7; 10000 mg kg<sup>-1</sup>, szederre: pH 5-7,5; 4000 mg kg<sup>-1</sup>, felemáslevelű csenkeszre: pH 4,5-7; 7000 mg kg<sup>-1</sup>, apró lucernára pH 4-7; 3000 mg kg<sup>-1</sup>, terjőke kígyósziszre pH 6-7,5; 2000 mg kg<sup>-1</sup>.

Cinkre nézve az egygyári perje képviselői jellemzően a pH 5-7 tartománnyal, és 25000 mg kg<sup>-1</sup> cink-koncentráció maximummal jellemezhető területeken megtalálhatók. a réti perjére ugyanezek sorrendben: pH 5-7,5; 30000 mg kg<sup>-1</sup>, szederre: pH 5-7,5; 30000 mg kg<sup>-1</sup>, felemáslevelű csenkeszre: pH 4,5-7; 30000 mg kg<sup>-1</sup>, apró lucernára pH 4-7; 15000 mg kg<sup>-1</sup>, terjőke kígyósziszre pH 6-7,5; 15000 mg kg<sup>-1</sup>.

Az ólom-koncentráció eloszlást figyelembe véve az egygyári perje képviselői a pH 5-7 tartománnyal, és 10000 mg kg<sup>-1</sup> ólom-koncentráció maximummal jellemezhető területeken megtalálhatók a réti perjére ugyanezek sorrendben: pH 5-7,5; 10000 mg kg<sup>-1</sup>, szederre: pH 5-7,5; 8000 mg kg<sup>-1</sup>, felemáslevelű csenkeszre: pH 4,5-7,5; 6000 mg kg<sup>-1</sup>, apró lucernára pH 4-7; 5000 mg kg<sup>-1</sup>, terjőke kígyósziszre pH 6-7,5; 8000 mg kg<sup>-1</sup>.

Figyelembe véve az összes előforduló egyed, a réti perje (*Poa pratensis*) a cinkre, a rézre, az arzénra és az ólomra nézve is igen széles koncentráció-tartományban előfordul, és a kémhatás-viszonyokra is a legkevésbé érzékenyek bizonyul összevetve a többi vizsgált növényfajjal. A szeder (*Rubus caesius*) a cink-tartalomra kevésbé érzékeny, széles koncentráció és pH tartományban előfordul, és a rézre és az ólomra nézve is jó tűrőképességgel jellemezhető. Az arzén koncentráció tartomány

relatív szűk a réti perjével összevetve, ahol a szeder előfordult a vizsgált területen, azonban a pH tartomány szélesnek tekinthető. A felemáslevelű csenkesz (*Festuca heterophylla*) a réz kivételével magasabb toxikus elem koncentrációval jellemzett területeken is megtalálható volt összevetve a réti perjével, és a kémhatás-viszonyokra nézve sem bizonyult érzékenynek.

Az egynyári perje (*Poa annua*) az arzén kivételével, csakúgy, mint a szeder jól tűri a magas toxikus elem koncentrációt, és széles pH-tartományban előfordul. A terjőke kigyószisz

(*Echium vulgare*) a vizsgált fajok közül a legszűkebb pH-tartománnyal jellemzett területeken fordult elő, a kémhatásviszonyok jellemzően közel semlegesek és a cink kivételével mindhárom másik elem tekintetében alacsonyabb maximális koncentráció értékekkel jellemzett területeken volt megtalálható. Az apró lucerna (*Medicago minima*) széles pH tartománnyal jellemzett területekreszen is megtalálható volt, azonban a toxikus elem koncentráció minden esetben alacsony, összevetve a többi vizsgált növényfaj előfordulási helyének paramétereivel.

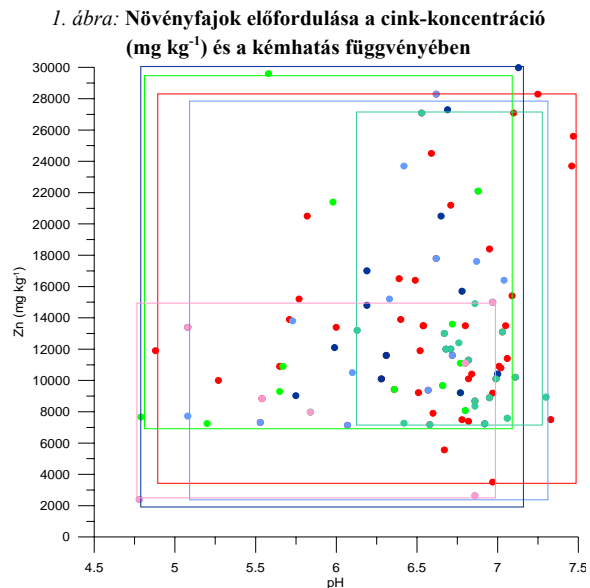


Figure 1: Distribution of plant species in relation to zinc concentration ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) and pH

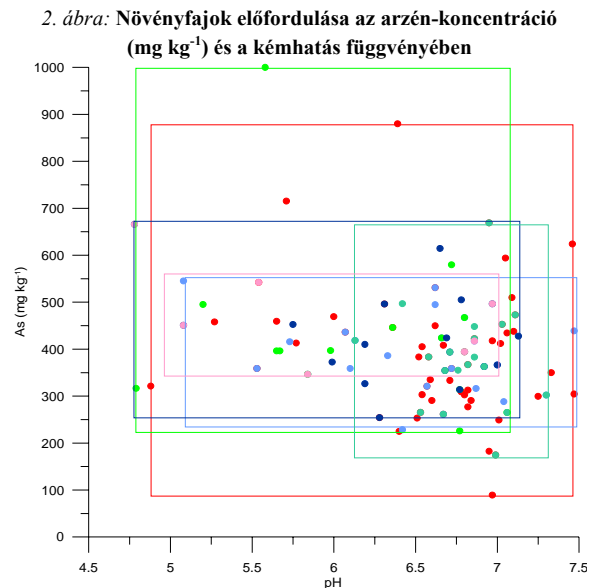


Figure 2: Distribution of plant species in relation to arsenic concentration ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) and pH

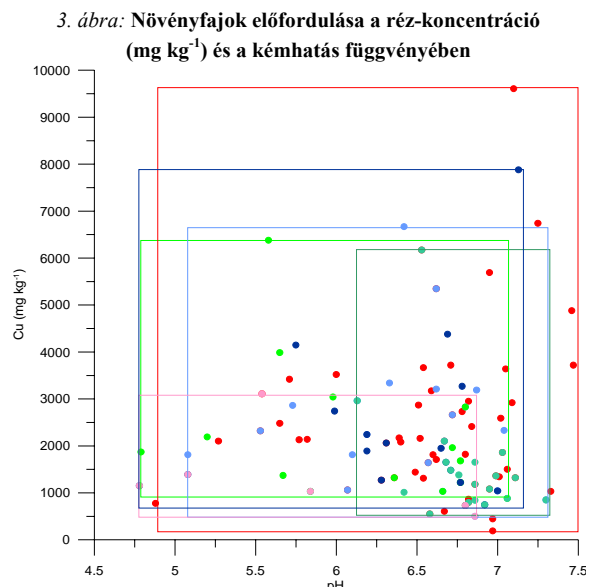


Figure 3: Distribution of plant species in relation to copper concentration ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) and pH

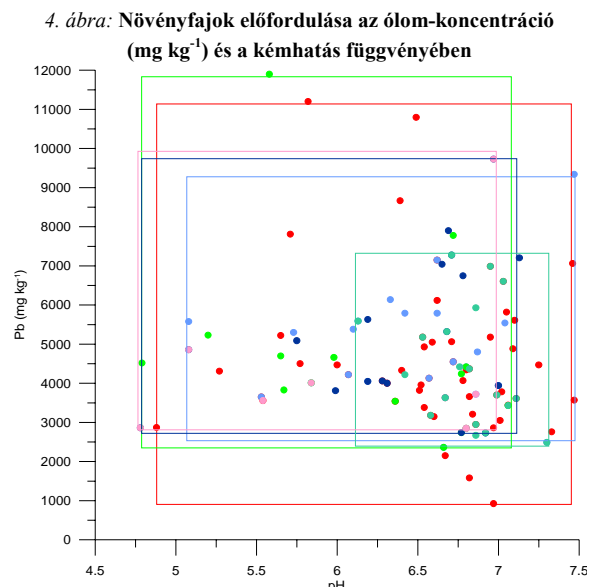


Figure 4: Distribution of plant species in relation to lead concentration ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) and pH

Jelmagyarázat (notation):

- Poa pratensis
- Rubus cerasius
- Festuca heterophylla
- Poa annua
- Echium vulgare
- Medicago minima

---

## **KÖVETKEZTETÉSEK**

Összességében az egyes növényfajok jelenléte a toxikus elemeket tartalmazó bányameddővel terhelt területeken nagymértékben meghatározott a kémhatás-viszonyok által, hiszen a toxikus elemek biológiai felvehetősége a közel semleges pH-jú közegekből a legkisebb mértékű, mivel azok ott vízben rosszul oldódó csapadék formájában vannak jelen. Ennek megfelelően a semleges kémhatás magas teljes toxikus elem koncentráció mellett is relatíve alacsony vízben oldott ion-koncentrációt eredményez, ami nem toxikus a növényzet számára. A vizsgált területen ezzel magyarázható, hogy az extrém magas cink-, réz-, ólom- és arzén-koncentráció mellett is jelentős növényborítás jellemző, és a faji diverzitás is nagy. Az egyes növény fajok tűrőképessége is jól vizsgálható a teljes elemtartalom és kémhatás-viszonyok függvényében, jól azonosíthatók a nagyobb tűrőképességű fajok, amelyek alacsonyabb pH-val jellemzett területeken is előfordulnak, ahol ekkor a talajoldatban felvehető formában relatíve magas a nehézfém-koncentráció.

Természetesen a talajoldatban mérhető aktuális toxikus elem koncentrációt nemcsak a kémhatás határozza meg, hanem az ionerősség is és a redoxi potenciál, ami szintén befolyásolja a csapadékképződési és oldódási egyensúlyokat. Emellett a nehézfémek adszorpciós-deszorpciós egyensúlyokban is részt vesznek, ami még bonyolultabbá teszi a rendszer vizsgálatát. A bányameddők esetében azonban nehézfémek alapvetően szulfidos, oxidos ércek formájában fordulnak elő, és e közegek relatíve kis adszorpciós-kapacitással jellemezhetők, mivel alacsony a agyagásvány-, kóvasav- és humusz-tartalmuk, ennek megfelelően a talajoldatba kerülő nehézfém-ionok koncentrációját a kémhatás nagymértékben meghatározza.

## **KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS**

A szerzők köszönetüket fejezik ki az ENVIROKOMPLEX Kft-nek a kutatásban nyújtott segítségért. A kutatás az Oktatási Minisztérium Biotechnológia 2000 pályázata keretében történt (témaszám: 02453/2000).

## **IRODALOM**

- Adriano, D. C. (1992): Biogeochemistry of Trace Metals. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, 2-513.
- Aliczki K.-Kovács E.-Tamás J. (2002): Fitoremediációra alkalmas növényfajok azonosítása, fémakkumuláló képességük vizsgálata. „Innováció, a tudomány és gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban” c. mezőgazdasági, vidékfejlesztési, környezetvédelmi tudományos és szaktanácsadási nemzetközi konferencia, Debrecen, 124-130.
- Kovács E.-Tamás J. (2002): Terepi röntgen-fluoreszcens spektrométer megbízhatóságának elemzése. „Innováció, a tudomány és gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban” c. mezőgazdasági, vidékfejlesztési, környezetvédelmi tudományos és szaktanácsadási nemzetközi konferencia, Debrecen, 11-17.
- Svetnik, N. (1997): Szennyezett területek kármentesítésének nemzetközi tapasztalatai. Kármentesítési Füzetek, Kármentesítési Program, Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium kiadvány, Budapest, 3-32.
- European Environment Agency (1995): Europe's Environment, The Dobris Assessment. Copenhagen, 342-357.