

## 68665 számú OTKA pályázat zárójelentés

2007. 07. 01. – 2011. 07. 31.

A kutatás munkatervének megfelelően a könnyen oldható elemtartalmak szerepét vizsgáltuk a tápláléklánc szennyeződése és a talajtulajdonságokkal való kapcsolatuk szempontjából. Eredményeink alapján javaslatokat tettünk a talajszennyezettségi határértékrendszer módosítására.

A jelenlegi magyar talajszennyezettségi szabályozás az „összes” elemtartalomra épül. Gyakorlati alkalmazhatóságát nagyban korlátozza, hogy nincs tekintettel a talajok eltérő összetételére és tulajdonságaira, melyek megszabják a szennyező anyagok mobilitását, átalakulását, toxicitását, tehát végső soron azok környezeti és egészségügyi kockázatát. Másrészt az „összes” elemtartalom nem ad felvilágosítást arról, hogy mennyi a növény számára potenciálisan felvehető, ill. a talajvízbe kerülő mennyiség. A talajszennyezettségi szabályozást három pillérré kívánatos helyezni: cc.  $\text{HNO}_3$  + cc.  $\text{H}_2\text{O}_2$  feltárással becsült összes,  $\text{NH}_4$ -acetát + EDTA oldható potenciálisan felvehető és az 1M  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  kioldással nyert mobilis tartalomra.

A növények a toxikus elemeket a talajoldatból veszik fel, ezért ezeknek az elemeknek a felvételét legjobban egy nem puffertelt híg kivonószerrel jellemezhetjük. Továbbá fontos még a talaj mobilizálható elemtartalmát is mérni, hiszen ez a frakció dinamikus egyensúlyban van a mobilis elemtartalommal. Vizsgálatainkban a mobilis frakciót az 1 M  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  oldható elemtartalommal, a mobilizálhatót Lakanen-Erviö módszerrel kivont elemtartalommal, az „összes” elemtartalmat pedig cc  $\text{HNO}_3$  + cc  $\text{H}_2\text{O}_2$ -os feltárással jellemezzük. A meghatározott koncentrációkat pedig a talaj-növény rendszerben kalibráljuk.

Célkitűzéseink a következők:

- A talaj különböző elemfrakciói és a növény elemösszetétele közötti alapösszefüggések vizsgálata.
- A talaj tulajdonságai és az elemfrakcióik közötti összefüggések kvantifikálása.
- Háttérkoncentrációk és szennyezettségi határértékek megállapítása az eltérő talajtulajdonságok függvényében.
- Javaslat kidolgozása a talajszennyezettségi határértékek, a (10/2000 VI. 2.) KÖM-EÜM-FVM-KHVM együttes rendelet módosítására.

Munkánk során elsőként áttekintettük a talajszennyezéssel kapcsolatos szabályozás helyzetét hazánkban és a fejlett világban (Ny-Európa, USA). Bemutattuk azon törekvéseket, melyek a talajok tulajdonságait hivatottak figyelembe venni, ill. az oldható elemtartalmakra is építenek.

Eredményeinket szabadföldi és tenyészedény kísérletek segítségével alapoztuk meg, valamint felhasználtuk a TIM adatbázis nyújtotta lehetőségeket is.

**Tenyészedény kísérletekben** a börtgyári és városi szennyvíziszapok különböző tulajdonságú talajokra és a tavaszi árpára gyakorolt hatását elemeztük. A tenyészedény-kísérlet kiértékelésével a következő eredményeket kaptuk:

- A maximális iszapterheléssel a kioldható, illetve engedélyezett Zn, Cu, Cr és Cd elemek mennyiségeit 10-14-szeresen túlléptük 3 éven át, a tavaszi árpa szemtermése közel 5-szörösére, a szalma termése 3,5-szörösére nőtt a kontrollhoz viszonyítva a 3. évben. Depresszió nem jelentkezett. A talajok könnyen oldható elemfrakcióinak vizsgálatával a tenyészedény-kísérlet alapján a következőket állapítottuk meg:
- A szennyvíziszap Cd és Cr tartalma elsősorban a homoktalajokon, azon belül is a savanyú kémhatásúakon növelte meg a mobilis Cd és Cr koncentrációját. A mobilis frakció aránya a kevésbé oldódókéhoz képest viszont csökkent az iszapterhelés növekedésével.
- A talaj elemfrakciói és az árpaszem elemtartalma között regresszió-analízist végezve megállapítottuk, hogy az árpaszem és a talaj Cd-, Co-, Ni-, Cu- és Zn-tartalmának kapcsolatát legjobban ezen elemek mobilis frakciójával jellemezhetjük.
- Az iszappal kijuttatott elemek elenyésző hányada jelenik csak meg mobilis formában a talajban. Legkisebb ez az érték a Cr esetében, ahol a kijuttatott mennyiségből átlagosan kevesebb, mint 0,01% volt mobilis. Az eredmények azt mutatták, hogy minél gazdagabb a talaj a vizsgált elemekben, annál kisebb hányaduk van mobilis formában.

– A vizsgált elemek sorrendje a talajokon való megkötődés erőssége szerint a következő volt az adott kísérleti feltételek mellett:  $Mn > Zn > Cu > Ni = Co$

– Az iszap pH-növelő hatásának eredményeképpen a vizsgált savanyú homoktalaj mobilis Co- és Mn-tartalma harmadára csökkent annak ellenére, hogy az „összes” elemtartalom nem változott szignifikánsan. Ez a csökkenés az árpaszem Co- és Mn-tartalmában is megmutatkozott. Ezért az iszapok szabadföldre történő elhelyezésénél az iszap elemtartalmán túl figyelembe kell venni egyéb paramétereit (pH,  $CaCO_3\%$ , szerves anyag) is, mert azok a talaj tulajdonságait és ezen keresztül a szennyező elemek oldódását befolyásolhatják.

A tenyészedény kísérlet tanulságai megnyugtatóak a szennyvíziszapok mezőgazdasági hasznosítása szempontjából, de miután a kísérleti eredményeket extrém elemterhelés mellett kaptuk, hasonló munka elvégzése javasolható megengedett elemkoncentrációjú szennyvíziszappal is.

Az eredmények ismeretében a hazai szabályozásban elfogadott talajterhelési határértékek túl szigorúnak, merevnek tűnnek, amennyiben esetenként a termés takarmányozási célokra, sőt humán fogyasztásra alkalmas maradt.

**A szabadföldi kisparcellás kísérletek** az MTA TAKI szabadföldi kísérleti telepin folytak.

A *nyírlugosi tartamkísérletünk* 40-45. éveiben a talaj extrém módon elsavanyodott a N-műtrágyázás nyomán, termékenysége lecsökkent, az itt termő tritikáléban felhalmozódott a Mn, Zn, Co, ill. lecsökkent a Ca, Sr, Mo elemek mennyisége. A meszezéssel a helyzet visszafordítható volt.

*Órbottyánban*, karbonátos Duna-Tisza közti homoktalajon vizsgáltuk a 0, 30, 90, 270 kg/ha mikroelemterhelés hatását a *sárgarépára*. A mikroelemek sóit egyízben a kísérlet indulásakor szórtuk ki  $Cr_2(SO_4)_3$ ,  $K_2Cr_2O_7$ ,  $CuSO_4$ ,  $Pb(NO_3)_2$ ,  $Na_2SeO_3$ ,  $ZnSO_4$  formájában. A 6 elem x 4 terhelés = 24 kezelés x 3 ismétlés = 72 parcellát jelentett. Termőhely a homoktalajokra jellemzően rossz vízgazdálkodású, aszályérzékeny és az NPK főbb tápelemekkel gyengén ellátott. Alaptrágyaként 100 kg/ha N, 100 kg/ha  $P_2O_5$  és 100 kg/ha  $K_2O$  hatóanyagot alkalmazunk évente az egész kísérletben. Főbb eredmények:

1. Az alkalmazott mikroelemek közül hatástalan volt a Cr(III), Cu és Pb. A Zn depresszív hatása a nagyobb 90 kg/ha, illetve 270 kg/ha terhelésnél jelentkezett. A Cr(VI) és Se toxicitása már kifejezett volt a 30 kg/ha terhelésnél, illetve az e feletti adagok a növényállomány kiritkulásához és pusztulásához vezettek. A nagyobb Cr(VI) és Se terhelés nyomán a gyomfajok is eltűntek, a talaj terméketlenné vált.

2. A fiatal lombban egy nagyságrenddel nőtt a Se, Cr, Cu, Pb koncentrációja a kontrollhoz viszonyítva, míg a hajtás Zn-tartalma megötszöröződött. Betakarítás idején a koncentrációk általában csökkentek. Kivételt a Se jelentett, mely mintegy 3-szorosára emelkedett a megfelelő kezeléseknél. A gyökér Cr, Cu, Se tartalma kisebb volt mint a lombé, némileg védettebb volt az elemdúsulásokkal szemben. Az Pb és Zn átlagos tartalma viszont a lomb összetételétől érdemben nem különbözött. A toxikus Cr(VI) kezelésben termett gyökér és lomb Cr-tartalma átlagosan 50%-kal meghaladta a Cr(III) kezelésben fejlődött répát.

3. Szennyezetlen kontroll talajon a 20 t/ha körüli gyökér + 5 t/ha friss lombtermés 88 kg K, 57 kg Ca, 54 kg N, 14 kg Mg, Na és P, 11 kg S, 5-6 kg Fe és Al felvételt mutatott. A B 145 g, Zn 41 g, Cu 27 g mennyiségnek adódott. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a sárgarépa elemigényének számításakor a szaktanácsadásban.

4. Szennyezett talajon, a Cr(VI) és Se kezeléseknél, a 3 g/ha Cr és 51 g/ha Se felvételi maximumokat a 30 kg/ha kezelésben kaptuk. A pontszerű erősebb szennyezéskor a fitoremediáció nem lehet reális alternatíva még megfelelő hiperakkumulátor növényi faj esetében sem.

5. A sárgarépa gyökere mind élelmezési, mind takarmányozási célokra alkalmatlanná vált a káros Pb és Se elemdúsulások miatt.

Ugyanebben a kísérletben a sárgarépát követően *napraforgó* vetésére is sor került. Ezzel a növényvel kapcsolatban a következő megállapítások tehetők:

1. A kedvező időjárás/csapadékviszonyok nyomán a szennyezetlen kontroll talajon kereken 2,3 t/ha kaszat, illetve összesen 7,1 t/ha légszáras földfeletti biomasza képződött. A kaszat olajtartalma 51% volt, az olajhozam 1,2 t/ha mennyiséget tett ki.

2. Toxikusnak a Se-terhelés bizonyult a kísérlet 4. évében. Terméscsökkenés már a 30 kg/ha adagnál igazolható volt, míg a 270 kg/ha terhelésnél a napraforgó gyakorlatilag kipusztult, a földfeletti biomassza 1/10-ére zuhant. A melléktermés/főtermés aránya betakarításkor a kontrollon mért 2,1-ről 5,0-re nőtt, toxicitás a generatív fázisban volt a kifejezettebb.
3. A napraforgó szerveinek Cr-tartalma egy nagyságrenddel dúsult a kontrollhoz viszonyítva. A koncentráció emelkedése a Cr (VI) kezelésben átlagosan kétszerese volt a Cr (III) kezelésben mértnek. A koncentrációk a hajtás, szár, levél, tányér, kaszat sorrendben csökkentek. Hasonló sorrendben mérséklődött az Pb koncentrációja is, mely a kaszatban már minden esetben 0,1 mg/kg kimutatási határ alatt maradt.
4. Mérsékelten emelkedett szennyezett talajon a Cu-tartalom, mely a kaszatban már igazolhatóan nem is változott. A Zn koncentrációja maximálisan 2-3-szorosára nőtt. Hiperakkumulációt mutatott a Se minden növényi részben ezres nagyságrendbeli dúsulással. A terméscsökkenés miatt a maximális Se-felvétel a 30 és 90 kg/ha terhelésnél jelentkezett és 450 g/ha mennyiséget tett ki. Változatlan körülményeket feltételezve a 30 kg/ha felvétele 66 évet, a 90 kg/ha fitoremediációja mintegy 200 évet venne igénybe.
5. A napraforgó földfeletti termése szennyezett talajon maximálisan kb. 10 g Pb, 24 g Cr, 100 g Cu és 330 g Zn elemet vont ki a talajból ha-ént. A 270 kg/ha talajtisztítás tehát 27 ezer Pb-évet, 11 ezer Cr-évet a Cr (VI) kezelésben, 2700 Cu-évet, illetve 818 Zn-évet igényelne.
6. Levéldiagnosztikai adatok alapján a napraforgó a Ca és Mg túlsúlyát; a N, K, P, Cu enyhe, illetve a Zn kifejezett hiányát jelezte. Az abszolút Zn-hiány nem okozott terméscsökkenést azonban, mivel a P/Zn aránya az optimális 50-150 körüli tartomány közelében maradt.
7. Az 1 t kaszat + a hozzátartozó tányér és szár úgynevezett fajlagos elemtartalma az alábbi volt: 34 kg N, 7 kg P (16 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 32 kg K (38 kg K<sub>2</sub>O), 66 kg Ca (92 kg CaO), 15 kg Mg (25 kg MgO) és 4-5 kg S. Adataink iránymutatóul szolgálhatnak a növény elemigényeinek becslésekor. A hazai szaktanácsadásban ajánlott 30 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> fajlagos mutató kifogásolható, túltrágyázásra ösztönöz.
8. A kísérlet 4. éve után NH<sub>4</sub>-acetát + EDTA oldható formában találtuk a szántott rétegben a Cr átlagosan 0,5%-át a Cr (III) kezelésben, illetve mintegy 1%-át a Cr (VI) kezelésben, a Se 1,5%-át. A Cr (VI) és a Se az altalajba mosódhatott, illetve részben megkötődhetett. A Cu, Pb, Zn elemek bevitt mennyiségének átlagosan 1/3-át találtuk oldható formában.

Az ugyancsak *Őrbottyánban* városi szennyvíziszappal és vágóhídi hulladék komposzttal csernozjom barna erdőtalajon beállított kisparcellás szabadföldi kísérlet a következő tanulságokkal szolgált:

1. A szervestrágyák által okozott maximális N-terhelés számításaink szerint elérte az 1500 kg/ha körüli N mennyiséget. A cukorrépa termését és minőségét döntően a N-kínálat befolyásolhatta, amennyiben a PK ellátottság kielégíthette a növény igényét.
2. A maximális 200 t/ha friss szervestrágyázás nyomán 20 t/ha körüli gyökér terméstöbblet képződött, termésdepresszió nem jelentkezett. A N-túlkínálatra utalt viszont a tisztasági hányados, a digestio és a tiszta cukor %-ának visszaesése. Ezzel együtt nőtt a nemkívánatos K, Na és  $\alpha$ -aminó N mennyisége a gyökérben, különösen a városi iszaptrágya hatására.
3. A városi szennyvíziszap kisebb szervesanyag-tömege nagyobb minőségromlást okozott a répagyökérben, a maximális nyers és tiszta cukorhozamot a 25 t/ha adag biztosította. A vágóhídi komposzttal több mint háromszor annyi nehezebben bomló erősen meszes, de N-ben szegényebb szervesanyag került a talajba. A nyers és a tiszta cukor maximális hozama a maximális 200 t/ha adaghoz kötődött. Úgy tűnik, a vágóhídi komposzt lassú hatású N-forrásnak minősülhet.
4. A második évben termelt tavaszi árpa termését a szervestrágyázás utóhatása nem módosította, feltehetően a kedvezőtlen csapadékviszonyok miatt. A vegetatív időszakban szárazság, érés idején erős periódus uralkodott. A kísérlet sajnos tovább nem folytatódott.
5. A növekvő városi iszapterheléssel emelkedett a talaj szántott rétegének cc.HNO<sub>3</sub>+cc.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oldható „összes” P, S és Cu készlete. A vágóhídi komposztrágya pedig összetételéből eredően igazolhatóan többleteket eredményezett a Ca, P, S, Na és Sr tartalmában.
6. Az NH<sub>4</sub>-acetát+EDTA oldható elemek koncentrációi látványosabban módosultak a feltalajban. Mindkét szervestrágya növelte a K, P, Fe, S és Zn elemek mennyiségét a szántott rétegben. Az iszaptrágyázással a Mo megkétszereződött, míg a komposztrágyázással mintegy a felére csökkent a trágyázatlan kontrollhoz képest. A komposztrágyával bevitt nagymennyiségű szervesanyag (52 t/ha) hatására visszaesett a Mn, Al, Pb, Ni, Co, Cd elemek oldható tartalma is.

7. Az iszaptrágyák növelték a talaj „összes” só, szerves-C, illetve humusz %-át, valamint az  $\text{NH}_4\text{-N}$  és  $\text{NO}_3\text{-N}$  mennyiségét az 1. évben, a cukorrépa betakarítását követően. Az össz-N %-át igazolhatóan a nagyobb komposzt adagok emelték. Kimutatható volt a kezelt talajok humuszminőségének változása, a humifikáltsági jelzőszám mérséklődése.

A kisparcellás kísérletek kiértékelése kapcsán kitértünk a gyomfajok elemfelvételére szennyezett talajon, a Mo vizsgálatára a talaj-növény-állat modellben, valamint a talajlakó állatok veszélyeztetettségére szennyezett talajon. Ez utóbbi vizsgálatok kimutatták, hogy a közönséges televényféreg (*Enchytraeus albidus*) esetében a szelenát a szelenitet meghaladó toxicitással rendelkezett. Ez a hatás főleg a szaporodás gátlásában, mint a mortalitásban mutatkozott meg. A fonálférgekre vonatkozó, Cd, Cr, Cu, Se és Zn elemek hatását vizsgáló munka kimutatta, hogy a Cr, a Se és kisebb mértékben a Zn szennyezés csökkentette a taxon diverzitását a talajban, valamint a szaporodóképességet.

A szennyező elemek **légtörő üledését** tanulmányozva három éven át havi gyakorisággal vizsgáltuk két kísérleti telepünkön a csapadékvizek összetételét és elemhozáját. Az analízis 26 tulajdonságra terjedt ki: pH, EC,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ , valamint a fontosabb makro-és mikroelemek meghatározására. Méréseink a teljes, tehát a nedves és száraz üledés együttes hatását tükrözik. A szűrletből közvetlenül mértük a Ca, Mg, K, Na, S, B elemeket, valamint a karbonátot, kloridot, ammóniát, nitrátot. A szűrletet az eredeti térfogat  $\frac{1}{4}$ -ére bepároltuk  $\text{HNO}_3$  hozzáadása után a mikroelemek elemzése céljából. A mérések – a karbonát, klorid, ammónia, nitrát kivételével – ICP-OES készülékkel történtek. Főbb megállapítások:

1. Általában a minimális havi csapadékösszeghez volt köthető a maximális vezetőképesség (EC), pH,  $\text{NH}_4\text{-N}$ , Ca, Na, K koncentrációja. A legnagyobb elemhozájakat ugyanakkor a csapadékos hónapok biztosították. Az 5 pH alatti savanyú csapadék salétromsavat képező  $\text{NO}_3\text{-N}$ -ben gazdag,  $\text{NH}_4\text{-N}$ -ben szegény volt az Őrbottyán állomásunkon. A közeli cementgyár emissziója miatt 2006. február és március havi csapadékban nagyságrenddel dúsult a Ca, Mg, Na, Sr, valamint jelentősen emelkedett az  $\text{NH}_4\text{-N}$ , S, Zn, As, Cr, Pb koncentrációja. A pH 7,0-re emelkedett ezen a termőhelyen.

2. Mezőföldi állomáson a téli hónapok elemhozájai kicsik. A melegebb május-július hónapok között az  $\text{NH}_4\text{-N}$  koncentrációja 10-20-szorosa az  $\text{NO}_3\text{-N}$  koncentrációnak. A környező termékeny humuszos talajfelszín, a trágyázás, a közeli állattenyésztő telep jelentős  $\text{NH}_3$  emissziót képez. Ekkor nagy az  $\text{NH}_4\text{-N}$ , Ca, K lúgosító kationok mennyisége a csapadékvízben, a pH januártól júniusig emelkedhet.

3. A légtörő csapadékkal okozott talajterhelés kg/ha/év mennyisége az alábbi tág határok között változott telepeinken:  $\text{NO}_3\text{-N}$  5-20;  $\text{NH}_4\text{-N}$  10-31; összes N 30-48; Ca 6-60; K 6-16; S 2-21; Na 4-13; Mg 2-16; P 2-6 kg/ha/év. Az általunk mért kiülepedés a Zn, Mn, Fe, Cu, B elemek esetében közelálló a korábbi hazai, illetve ausztriai mérések eredményével. Az Pb, Ni, Cd, Co nehézfémek kiülepedését nagyságrenddel kisebbnek találtuk, mely az 1990 óta egész Európára jellemző drasztikus nehézfém-emisszió csökkenését tükrözi.

4. A légtörő csapadék elemhozájának agronómiai és környezeti jelentősége nem elhanyagolható. Számításaink szerint pl. a mezőföldi csernozjom termőhelyen egy közepes, 5 t/ha kalászos gabona szemterméssel és a hozzátartozó mintegy 5 t/ha mellékterméssel felvett K 10; Mg 15; P 20; Ca és N 30; S 40%-át fedezheti. Amennyiben kombájn betakarításnál csak a szemtermés elemtartalmával számolnak, mivel a melléktermés a táblán marad és visszakerül a talajba, a légtörő forrás fedezhetné a P 25; K 45; S és a Ca 100-300%-át. A szembe épült Na mennyiségét pedig nagyságrenddel meghaladhatná.

5. A légtörő üledés többé-kevésbé fedezheti a Mo, Ni, Se mikroelemek szemtermésbe épült mennyiségét, a Zn szükségletét mintegy 60%-kal meghaladhatja. A B, Ba, Cu, Sr kiülepedés többszöröse az 5 t/ha szemtermés igényének. Agronómiailag előnyösnek minősülhet a Cu, Mo, Se, Zn elemekkel történő légtörő trágyázás, amennyiben a talaj ezen elemekben nem (Zn, Cu) vagy nem kellően (Mo, Se) ellátott. Környezeti szempontból nemkívánatos jelenség viszont a talaj Cd, Hg és Pb nehézfémekben való gazdagodása, különösen hosszútávon. Ezek a toxikus fémek a vizekbe, illetve az élelmiszer és takarmány növények felületére jutva közvetlenül is károsíthatják az élelmiszerláncot.

6. Méréseink szerint kísérleti telepeinken a 3 év alatt évente az alábbi minimális – maximális kiülepedést regisztráltuk: Zn 112-1391; Sr 30-202; Cu 21-153; Fe 42-119; Ba 40-79; Mn 33-62; B 0-

33; Pb 2-4; Ni, Cr, Mo 0-6; As 0-4; Hg 0-1,5; Co 0,4-0,7; Cd 0-0,3 g/ha/év. A pH 4,2-7,0, az elektromos vezetőképesség 25-1996  $\mu\text{S}/\text{cm}$  tartományban ingadozott.

A határértékrendszer vizsgálatához országos léptékű **adatbázisokat** felhasználva a következő eredmények adódtak:

A *dohánytermőhelyek* talajtani/agrokémiai felmérése kapcsán 206 termőhelyet vizsgáltunk Magyarországon. A dohánylevél összetétele és a talajvizsgálati adatok közötti összefüggés alapján megállapítottuk, hogy a talaj pH értékének emelkedésével csökken a levél Fe, Mn, Al, Sr, Ba, Zn, Cd, Cr, Co, Ni és Pb tartalma. Az erősen savanyú termőhelyek meszezése tehát humán egészségügyi szempontból is kívánatos, hogy mérsékelhető legyen a dohányosok nehézfém-terhelése. Mivel a talaj és a növényelemzés eredményei nincsenek közvetlen korrelációban, a talajvizsgálati határértékeket a növényi felvételt meghatározó pH függvényében kell megállapítani

Munkánk további részeként a *TIM talajok és adatbázis* segítségével arra kerestük a választ, hogy az 1 M  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  kivonószerezrel meghatározott elemtartalom megfelelő lehet-e a mobilis elemfrakciók háttér-értékének meghatározására. Továbbá megvizsgáltuk a könnyen oldható frakció és a talajtulajdonságok közötti összefüggést. Eredményeink a következők voltak: Az 1 M  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  kivonással az As, Cr és Pb koncentrációk a talajminták 90 %-ának esetében kimutathatósági határ alatt maradtak. Ez azt jelenti, hogy az 1 M  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  kivonószerezrel meghatározott elemfrakció nem alkalmas ezeknek az elemeknek a mobilis háttér-értékének meghatározására. Ezért a talajszennyezések kockázatelemzésénél egyéb elemfrakciókat is figyelembe kell venni. A mobilis Al koncentrációja exponenciálisan nőtt pH 4 alatt. A mobilis As, Cr, Cu és Pb frakció egyik vizsgált talajtulajdonsággal sem volt kapcsolatban. 1 M  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  oldható Co, Mn, Al, Ni és Zn koncentrációk elsősorban a talaj pH értékével álltak összefüggésben. A talaj kolloidtartalma a legszorosabb kapcsolatot a mobilis Sr és B tartalommal mutatta.

Megkíséreltük a hazai szabályozásban „összes” tartalomra adott határértéket finomítani a talajok fizikai félesége alapján. Kitértünk a területhasználati szempontok figyelembevételére, javaslatot dolgoztunk ki a talajszennyeződés megítélésére az oldható elemkészlet alapján, valamint a növényanalízis indikátor szerepét értékeltük. A talajok fizikai féleségének figyelembevételével jelentősen finomítható az adott talaj veszélyeztetésének megítélése, rangsorolható szennyezett területen a beavatkozás sürgőssége stb. Szorzófaktorok megállapításának szempontjai:

1. Mivel a határkoncentráció hatóságilag rögzített, az 1-es szorzófaktor a kolloidban gazdag agyag talajra vonatkozhat.
2. A kolloidban igen szegény durva homoktalajaink (Nyírség, Duna-Tisza köze) a szennyezőket érdemben nem képesek megkötni. Itt gyakran a talajvíz is közel van a felszínhez, tehát e talajok kiemelt figyelmet érdemelnek. Az agyagtalajhoz viszonyítva a határérték Hg és Cr(VI) esetén 1/10-ére csökkennek a vízvédelmi funkció labilis volta miatt, a szorzófaktor tehát 0.1.
3. Durva homokon a terhelhetőségi szorzófaktor 0.2 a Co és Sn elemekre, melyek erősen kötődhetnek a kolloidokhoz. Mivel rendszeres elemzések nem folytak hazánkban és kevés információval rendelkezünk a talajok háttérterheléséről, biztonsági okokból célszerű homoktalajaink és a vízbázisok védelmét hangsúlyozni a szigorúbb differenciálással. Durva homokon az határérték 1/5-ére csökken.
4. Irodalmi és saját tapasztalataink alapján az agyagtalajok terhelhetősége a homokhoz ill. durva homokhoz viszonyítva a többi elemnél 2.5-3.5-szeres lehet, a szorzófaktor durva homokra 0.27-0.40 közötti.

A talajszennyezettség területhasználati koncepció szerinti megítélése leginkább a német szabályozásban kidolgozott, ezért javasoljuk első megközelítésben Baden-Württemberg irányelveit alapul venni. A növényi összetétel jó indikátora a talajszennyezésnek. A legtöbb szennyező mikroelem mennyisége általában 1-2 mg/kg koncentráció alatt található, mely értékek szennyezett talajon több nagyságrenddel megnőhet, dúsulással jelezve a szennyezést. Agronómiai és környezeti szempontból fontos, a növények által „potenciálisan felvehető”-nek tekintett oldható frakciót általában  $\text{NH}_4$ -acetát + EDTA kioldással vizsgáljuk hazánkban. Összefoglalva a hazai talajvizsgálatok és szabadföldi kísérletek eddigi eredményeit, javaslatot tettünk az oldható elemtartalmak határértékeire.

A talajszennyezettségi határérték-rendszerek tanulmányozása során megállapítottuk: Hazai viszonyaink között rendkívüli mobilitással rendelkezik a szelén, amely egyaránt veszélyeztetheti a táplálékláncot és kilúgzással a vízbázisokat. Szabadföldi kísérletünk tanulsága szerint fitotoxicitása

is kifejezett, mobilis a talaj-növény rendszerben. Mivel esszenciális elem az élővilág számára, a biológiai szűrőrendszer nem nyújt védelmet az akkumulációval szemben. Veszélyességét aláhúzza, hogy az élő szervezet (növény, állat, ember) igen kis koncentrációban igényli és szűk a határ a kielégítő Se-ellátottság és a mérgezés között.

Ezért javaslatot tettünk irodalmi és saját vizsgálataink alapján a Se elemnek mint kockázatos anyagnak a talajszennyezettségi listába való felvételére és határkoncentrációira (1. táblázat).

1. táblázat. Talajszennyezettségi ABC-értékek fizikai talajféleségenként javaslat a Se elemre.  
„Összes tartalom mg/kg, cc.HNO<sub>3</sub> + cc.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> feltárás

ABC- Értékek	K <sub>A</sub> 25 alatt Durva homok	K <sub>A</sub> 25-30 Homok	K <sub>A</sub> 30-38 H. vályog	K <sub>A</sub> 38-42 Vályog	K <sub>A</sub> 42-50 A.vályog	K <sub>A</sub> 50 felett Agyag
Se						
A	0.2	0.2	0.4	0.6	0.8	1
B	1	2	3	4	4	5
C1	2	4	6	8	8	10
C2	4	8	12	16	20	20
C3	6	10	16	20	26	30