

TDK Dolgozat

Dunaújvárosi talajok nehézfém tartalmának és toxikusságának vizsgálata

Készítette:

Zsupos Gábor

Témavezető:

Prof. Dr. Biró Borbála D.Sc.
az MTA doktora, egyetemi tanár

Társ témavezető:

Domonkos Mónika
megbízott kutató

MŰSZAKI INTÉZET

Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszék

DUNAÚJVÁROSI FŐISKOLA

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRE

2011.11.09

2011

DUNAÚJVÁROSI FŐISKOLA
TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

Adatlap

Dolgozat címe
Dunaújvárosi talajok nehézfém tartalmának vizsgálata

Szerző neve	Neptun kód	Email cím	Aktív félévek száma	Képzés típusa
Zsupos Gábor	ofzott	zsupos.gabor@gmail.com	9	ÁN

Konzulens neve	Beosztása	Email cím	Tanszék
Prof. Dr. Biró Borbála D.Sc	egyetemi tanár	birob@mail.duf.hu	Természettudományi és környezetvédelmi tanszék
Domonkos Mónika	megbízott kutató	Domonkos.monika@gmail.com	

A dolgozat rövid tartalma
Dunaújváros területén az elmúlt évek során nem, vagy csak alkalmanként történtek olyan talajvizsgálatok, melyek a város talajának a szennyezettségét vizsgálták. 2010-11 között ezért 3 alkalommal, szezonális rendszerességgel történtek talajmintavételek a város 10 pontján, amelyekből 14 gyakori elemnek a mennyisége elemzésre került sor ICP analízissel. A talajokban előforduló nehézfémek növekvő dózisaival ökotoxikológiai vizsgálatok történtek szabványosított mustármag csírateszt segítségével. A 10 helyszín szennyezettsége különbözött. Legnagyobb mennyiségben a cink (Zn) mennyisége dúsult fel. A nehézfém-dózisok különböző módon hatottak a csíranövény hajtás- és gyökérkezdeményére is. A talajok elemzése, a 10 mintavételi hely összehasonlítása és a csírateszt, meghatározták azokat az elemeket és helyszíneket, amelyek kritikusak és fokozottabb figyelemre szorulnak a környezet- és emberegészségünk érdekében

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés	5
2	Irodalmi áttekintés	6
2.1	A városi talajok jellemzése	6
2.1.1	<i>A talajok fizikai tulajdonságai</i>	<i>7</i>
2.1.2	<i>A talajok kémiai tulajdonságai</i>	<i>8</i>
2.1.3	<i>A talajok biológiai tulajdonságai</i>	<i>9</i>
2.2	Nehézfém és toxikus elem szennyezettség	10
2.2.1	<i>A szennyezettség határértékei.....</i>	<i>12</i>
2.3	A nehézfém-szennyezések kimutatási lehetőségei és hatásértékelése.....	13
2.3.1	<i>A kimutatás fizikai-kémiai módszerei</i>	<i>13</i>
2.3.2	<i>A kimutatás biológiai módszerei.....</i>	<i>14</i>
3	Anyag és Módszer.....	16
3.1	A mintavételi helyek és bemutatásuk	16
3.2	A nehézfém-tartalom kimutatása, hatásértékelése	17
3.2.1	<i>Vizsgálatok ICP analízissel</i>	<i>17</i>
3.2.2	<i>Vizsgálatok szabványosított csíratesztel.....</i>	<i>17</i>
4	Az eredmények és értékelésük	21
4.1	A nehézfém szennyezettség alakulása Dunaújvárosban	21
4.1.1	<i>A nehézfémek talajfüggő mennyiségei</i>	<i>21</i>
4.1.2	<i>A nehézfémek mennyiségének szezonális változása</i>	<i>22</i>
4.2	A csírateszt eredményeinek alakulása	24
4.2.1	<i>A talajfüggő csírateszt eredményei.....</i>	<i>24</i>
4.3	A nehézfémek dózisfüggő hatásainak eredményei	26

4.3.1	<i>A nehézfém-dózisok hatása szűrőpapíron.....</i>	26
4.3.2	<i>A nehézfém-dózisok hatása talajon.....</i>	27
4.4	A mért tulajdonságok közötti összefüggések értékelése.....	30
4.4.1	<i>A fizikai, kémia és biológia tulajdonságok közötti összefüggések</i>	30
4.4.2	<i>A talaj befolyásoló hatása</i>	30
5	Következtetések	32
6	Összefoglalás	32
7	Irodalmi hivatkozások	34
8	Köszönetnyilvánítás	36
9	Mellékletek	37

1 Bevezetés

A dolgozat a Dunaújvárosi Főiskola Támop 4.2.2 projektje (*„A régió és a Dunaújvárosi Főiskola valamint az anyagtudomány és a technológia új kihívásai”*, Tsz: 4.2.2-08/1/2008-0016) projektjéhez kapcsolódik. A projekt célja az volt, hogy adatbankot készítsen Dunaújváros levegő-szennyezettségi állapotáról ezek vizsgálatáról, megállapítson napi, heti, havi, szezonális és évjárat dinamikákat. Megkerestük az összefüggéseket a levegő-szennyező anyagok tulajdonságai és a környezetre kifejtett hatásai között. Különös figyelmet fordítottunk a talajra kifejtett hatásokra is, az-az az ipari termelés és/vagy a közlekedés talajokra, azok „anyagi”, fizikai-kémiai-biológiai tulajdonságaira való hatásokra. Az eredményeket összesítve azokat az ipari körzetek és a szennyezők szerinti megoszlásban, illetve évjárat szerinti bontásban dokumentáltuk. Következő lépésben a talajok vizsgálata következik, a szennyező elemek mennyiségének és milyenségének a feltárása, illetve a nehézfémek toxikusságának a tesztelése laboratóriumi körülmények között.

A talaj elengedhetetlen feltétele a növényi – állati- és emberi- létnek. A szárazföldeket meghódító flóra és fauna nem alakulhatott volna ki a talaj mikroszkopikus élővilága (baktériumok, gombák, algák fonalállatkák) hiányában. A parányi élőlények nélkül a talajok ásványi és kémia anyagai nem válhatnának növényi táplálékká és az élővilág „hulladékai” sem alakulhatnak ismét talajjá és növényi táplálékká. A talajok élővilágát elpusztító szennyezéseknek sokféle eredete van. Az egyre intenzívebb mezőgazdasági tevékenység, ami akár sós pusztasággá teheti a földeket az egyik ilyen talajromboló tényező. A másik hatást a savas esők okozzák, amelyek csökkenteni képesek a talajok pH-értékét és módosítják, ezáltal a talajban zajló kémiai- és mikrobiológiai folyamatokat.

A szennyvizek is sokféle nemkívánatos anyagot juttatnak a talajba. Magyarországon a települések nagy része nincs csatornázva, a háztartások kommunális szennyvizét emésztőgödörökbe vezetik. Sok helyen szennyezett vízzel történik az öntözés. Jelentős az mezőgazdasági területeken intenzíven történő műtrágya- és növényvédőszer-használat. Szerepet játszanak a talaj szennyezésében a felszínükön elhelyezett különféle hulladékok min amilyen a háztartási szemét vagy az ipari hulladékok. Jelen munkámban a

Dunaújvárosi talajok állapotfelmérését végeztük el műszeres és kísérletes, laboratóriumi módszerekkel.

2 Irodalmi áttekintés

2.1 A városi talajok jellemzése

A városok kialakulása mindig a természetes környezet átalakítása mellett jöhetett létre ami megváltoztatta a városok ökoszisztémáját és a talajok állapota is a természetestől eltérő módon alakult ki sok esetben.

Általában városi talajok kategóriájába tartoznak mindazok a városi vagy külvárosi talajok, amelyeknek a felső 50 cm vastag szintje nem mezőgazdasági, de az emberi tevékenység következtében zavart, degradált vagy átkevert jelleget ölt (Held, 1998).

A német nyelvű szakirodalomban gyakran használják a városi talajok megnevezés helyett az antropogén talajok kifejezést (Billwitz und Breuste, 1980). Antropogén talajról akkor beszélhetünk, ha a pedogenetikus tényezőket befolyásoló mesterséges hatások a természetesnél jobban érvényesülnek, és következtükben a természetes körülmények között kialakult talajoktól eltérő morfológiájú talajok keletkeznek (Runge, 1975).

A városi talajok legfontosabb jellemzői a következők:

- heterogének, mert a bennük lévő (építkezési) anyagok nem egyformák és a város ezért rendszerint különböző talajfélésekre épül (Géczi 2007)
- magas a szerves- és tápanyagtartalmuk mivel előzőleg zömmel szántóterület vagy más jellegű mezőgazdasági területek (szőlős, gyümölcsös) voltak; ugyanakkor a gyorsan lebontható szerves anyagok jelenléte kedvez a mikrobák felszaporodásának, amely hamar a gyökérzóna oxigénhiányához vezethet
- bőven található a városi talajban bázikus anyagok, a cement, a beton, az építkezési anyagmaradék, a korom és a por is általában lúgosító hatásúak,
- az utak mentén magas a nitrogén- és foszfortartalom, télen pedig a sózás miatt a só-tartalom
- magas a nehézfém-koncentrációja
- tömörek (az építkezések és a taposás miatt)

- hőmérsékletük magasabb, ami növeli az evapotranspiráció értékét, s csökkenti a talaj nedvességtartalmát

A városi talajok főleg a fedőrétegük alapján térnek el a természetes talajoktól (Billwitz und Breuste, 1981).

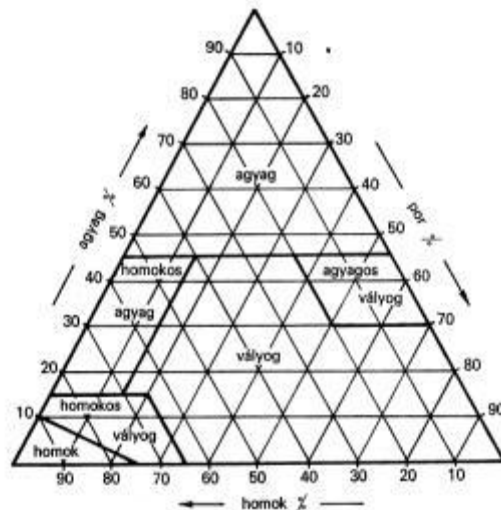
Az antropogén fedőréteg főbb ismertetőjelei a következők:

- gyakran nagyon magas, az 50%-ot is meghaladó a mesterséges vázanyag (murva-, kavics-, téglatörmelék) részaránya;
- a belváros területén vastagsága általában 1-1,5 m;
- semlegesek vagy bázikusak (az alacsony pH érték nagyon ritka);
- humusztartalmuk 0,5 és 2% közötti;
- textúra szempontjából nagyon inhomogén;
- természetes (eredeti) szerkezete és felépítése legtöbb esetben nem állítható vissza. (Géczi, 2007)

2.1.1 A talajok fizikai tulajdonságai

A talajok fizikai tulajdonságai több tényezőtől függ, ezek közül a legfontosabbak a szemcseösszetétel, a kötöttség, a talajok víztartalma és a levegőzöttség.

A szemcseösszetétel meghatározza az iszap homok és agyagrészecskék arányát a mechanikai összetétel. Ezt jól szemlélteti az 1. ábrán található háromszögdiagram (Stefanovits 1992). A mechanikai összetétel a különböző szemcsenagyságú frakciók százalékos arányát mutatja meg. a mechanikai elemek méret szerinti csoportosítása Atteberg szerint: kavics (0-20 mm), durva homok(0,2-2mm), finom homok(0,02-0,2mm), iszap(0,002-0,02mm), agyag(0,002mm>)



1. ábra: A talajok osztályozását segítő háromszög-diagram, amely a szemcse-összetétel, azaz a homok, iszap- és agyag-tartalom alapján határoz meg (Stefanovits, 1992)

A talajok kötöttsége alatt annak a művelő-eszközökkel szemben mutatott ellenállását értjük. A kötöttséget leginkább a kolloid frakció mennyisége határozza meg, amely jelentősen befolyásolja a talajok vízgazdálkodását (Biró 2000). A kötöttség mérésére az Arany féle kötöttségi számot használjuk. Ez a szám megmutatja, hogy 100g talajhoz hány ml víz szükséges a képlékeny állapot eléréséhez.

A talajok víztartamát kétféle vizsgálattal jellemezhetjük a kapilláris vízemelés és a higroszkóposság mérésével. A talajban szerkezetükből adódóan (kisebb nagyobb szemcsékből állnak) alakulnak ki, ezek az értékek a kapillárisokban annál magasabbra emelkedik a víz minél kisebb annak az átmérője. Figyelembe kell venni a víz hatására bekövetkező duzzadóképeséget is. A higroszkóposság a talaj azon képessége, ami a levegőből való folyadékfelvételt mutatja meg.

2.1.2 A talajok kémiai tulajdonságai

A talajnak több kémiai tényezője van, amelyek nagyban befolyásolják annak kémiai tulajdonságait. Ezek a tényezők a szerves anyagok, makro (N, P, K, stb....)- és mikro (Se, Mo, stb....)- elemek mennyisége és aránya, szerves anyagok és a humusztartalom (mennyisége, minősége).

A talajban lévő kémiai tényezők mellett sok olyan tulajdonság is fellelhető, ami befolyásolhatja a kémiai reakciókat. Ezek: a pH, a hőmérséklet, a nedvességtartalom, az

ionok egymásra gyakorolt hatása, a talajkolloid tulajdonságai, a térbeli tényezők, talaj-növény kölcsönhatás, kapacitás-intenzitás tényező, C-tartalom (Biró 2000).

A talajkolloidok töltésüknél fogva hatnak a kémiai reakciókra. Vonzák az ellenkező töltésű ionokat és a vonzott ionok mindig hidrát burokkal együtt kapcsolódnak.

Ha a talajokban csökken a bázikusan ható vegyületek aránya és nőnek a savtermelő folyamatok, a kilúgozódáshoz vezethet, amitől a talaj savanyú lesz. Ezt előidézhetik a levegőben lévő valamint a talajban lévő élőlények légzése által kibocsátott CO₂, a légköri csapadék és az élő szervezetek által kibocsátott szerves savak is. A talaj szervesanyag tartalma is fontos szerepet játszik a reakciókban és a talaj életében. Az élőlények életfolyamataikban jelentős szerepet játszanak egyes mikro- és makro-elemek, melyek lehetnek létfontosságú és nem létfontosságú elemek.. A mikro- és makro-elemek, ha az optimális szintet meghaladják az élőlények számára általában toxikusak.(Biró és munkatársai 2010)

2.1.3 A talajok biológiai tulajdonságai

A talajok biológia tulajdonságát a benne élő élőlények sokasága adja, amit úgy nevezünk edafon. Az edafonnak több része van, a növényvilágot a mikroflóra (baktériumok, cianobaktériumok, sugárgombák, gombák, algák) és a makroflóra (magvak, gumók, hagymák stb.) alkotja. Az állatvilágot pedig a mikrofauna (egysejtűek, fonálférgek), mezofauna (ugróvillások, férgek, atkák stb.) makrofauna (rovarok, puhatestűek stb.) és a megafauna adja.

Ezek mellett a nagyobb méretű állatok pl. vakondok, pocok, gyűrűs férgek és a növények gyökérzete járatokat váj a talajba, ami segíti a talaj szellőzését valamint a rétegek közötti anyagmozgást. Az állatok bélcsatornáján áthaladó anyagok visszakerülnek a talajba és segítik a humuszképződést, a szerves anyagok lebomlását.

A humusz az állati és növényi maradványok bomlása során keletkezik. A folyamat a nagyobb állatoktól a legkisebbekig haladva megy végbe. A kialakult szervesanyag tartalomjelentős szerepet játszik a talajok termékenységében (Biró, 2002).

2.2 Nehézfém és toxikus elem szennyezettség

A nehézfém kifejezés egy gyűjtőfogalom. Többféle csoportosítása létezik, amely szerint ebbe a gyűjtőkategóriába sorolunk bizonyos elemeket. Ezek az elemek lehetnek fémek, félfémek és nemfémes elemek. Két tulajdonságuk van, amit a legsűrűbben használunk a jellemzésükre: ez a sűrűség és a toxikusság. Ha sűrűség szerint vizsgáljuk őket, akkor a $4,5 \text{ g/cm}^3$ -nél sűrűbb elemeket soroljuk ide. Ha a toxikusságot tekintjük, akkor ide sorolható az alumínium is, aminek csak $2,7 \text{ g/cm}^3$ a sűrűsége, de nagy mennyiségben feldúsulva, káros hatású az élőlényekre.

Króm (Cr): Az emberi szervezet számára nélkülözhetetlen fém. A természetben oxidok formájában találhatjuk meg. Mesterséges úton bőrcserzés, galvánosítás, festék és lakkgyártás, fémkohászat, öntödék, acélművek, szén elégetése, szennyvíziszap kinyerése, feldolgozása, talajra juttatása, stb. során kerülhet (Szoboszlai, Kriszt, 2010., [http1.](#)).

A talajban és a felszín alatti vizekben a króm-trioxid fordul elő mert a króm 4 oxigénes formáját könnyen króm (III) oxiddá alakítják a talajmikrobák. A króm(IV) rendkívül erős oxidálószer és rákkeltő anyag.

Kobalt (Co): Ritkán előforduló félfém. Kis mennyiségben jótékony hatása van de nem esszenciális. Az oxidatív anyagcserében játszik szerepet. Mesterségesen a festékek, lakkok, zománcok, tinták száradását elősegítő szer, üvegszínezék, takarmány kiegészítők során kerülhet a környezetbe (Szoboszlai, Kriszt, 2010.).

Nikkel (Ni): A nikkel is esszenciális nyomelem, amire a szervezetnek szüksége van (a szív működésben játszik szerepet). Természetes módon vulkáni tevékenység illetve a földkéreg eróziója útján kerül a környezetbe. Antropogén anyagként ([http2.](#)) pedig legnagyobb mennyiségben ötvözetek készítésekor kerülhetnek ki. Rákkeltő hatású elem (Szoboszlai, Kriszt, 2010.).

Réz (Cu): Esszenciális fém amely, a vérképzésben és egyes enzimrendszerekben vesz részt. A természetben általában vegyületek formájában található meg. Főként a bányászat, kohászat, galvanizálás, festékek, lőszer, robbanószer, növényvédőszer útján kerülhet ki (Szoboszlai, Kriszt, 2010., [http3.](#)).

Cink (Zn): Az enzimműködés egyik nélkülözhetetlen alkotóeleme. Eredeti formájában ritkán lelhető fel, a talajokban leginkább az alumínium- és vas-oxidokhoz, illetve az agyagásványokhoz kötött. Gyakran használt fém, önmagában, horganyozáshoz, galvanizáláshoz és ötvözetekhez használjuk ([http3](#)).

Arzén (As): Természetes módon a földkéreg egészében előfordulnak. Nagyobb koncentrációban az ipar és bányászat által szennyezett területeken. Szervezetünkbe főként az ivóvíz és táplálék formájában kerülhet arzén. Erős mérgező és rákkeltő hatású már kis dózisban is (Szoboszlai, Kriszt, 2010.).

Szelén (Se): Egyes enzimeink alkotóeleme. Kis mennyiségben segít a daganatos sejtek kialakulásának megakadályozásában, de nagyobb dózison ellenkező hatást vált ki. Ezen tulajdonságai mellett teratogén. Természetes formában a kén vegyületeiként jelennek meg, mesterségesen a félvezetők anyagaként, az üveggyártás és a porcelángyártás következtében fordul elő (Szoboszlai, Kriszt, 2010.).

Molibdén (Mo): A természetben oxidok formájában találhatjuk meg. Antropogén anyagként az acélipar tevékenysége folyamán kerülhet a környezetbe. Egyes mikroszervezetek számára nélkülözhetetlen nyomelem! Magasabb rendű növényeknél a terméshozamra jótékony hatással van (Szoboszlai, Kriszt, 2010.).

Kadmium (Cd): Természetes forrása elsősorban a kéntartalmú ércekben, cinkkel és ólommal együtt lelhető fel, fém formájában csupán néhány lelőhelye ismert. A természetes környezetbe jutáson túl a fosszilis tüzelőanyagok égetése, a foszfát műtrágyák, a vas, acél és egyéb fémek gyártása, a kommunális hulladékok égetése és a cementgyártás során kerülhet még környezetünkbe. Könnyen felhalmozódhat a növényekben ami közvetlenül a magasabb rendű élőlényekbe kerülve (az emberbe is), amiben szintén felhalmozódhat. Mérgező hatással van a vesére, a májra, a csontokra és a herékre. Megzavarja a hormonális és az immunrendszer, valamint a szív és érrendszer működését. A kadmium a szervezetbe kerülve helyettesíti a cinket és toxikus hatása miatt a cink helyébe beépülve súlyos károsodásokat okoz ([http4](#)).

Ón (Sn): Főként más bányászott ásványok kísérő ásványaként fordul elő. Legfőbb felhasználás a konzervdobozok készítése, ötvözetek alkotóeleme és forrasztásokhoz használják. Maga a nyers fém nem mérgező hatású, de szerves vegyületei és oxidjai toxikusak (Szoboszlai, Kriszt, 2010.).

Bárium (Ba): A 14. leggyakoribb elem, ami csak vegyületei formájában található meg a természetben. Minden vízzel vagy savval oldott vegyülete mérgező. Az akut mérgezés tünetei: nagyfokú nyálfolyás, kólika, hasmenés, hányás, szívritmuszavarok és vázizombénulás

Higany (Hg): A természetes eredetű higany leginkább a földkéregből felszabaduló gázok közvetítésével, vulkánok kibocsátásából és a természetes víztestek párolgása során kerül a környezetbe. Más szennyező forrása lehet: a fosszilis tüzelőanyagok elégetése, a fém-szulfid ércek olvasztása, az arany kivonása, a cementgyártás, az égetés, valamint az ipari fémek előállítása. A higany sejt- és idegméreg, gátolja egyes enzimek működését, felhalmozódik az emberi szervezetben (Szoboszlai, Kriszt, 2010.).

Ólom (Pb): A természetben főleg oxidjai és vegyületei fordulnak elő. Lőszerek és akkumulátorok gyártásához valamint radioaktív elleni védekezésben használják. Sejtméreg és teratogén vegyület. Felhalmozódása a szervezetben jelentős lehet (http3)

Ezüst (Ag): Előfordul elemi állapotban is, de gyakoribb a szulfidásványokban. Ékszerek, étkészletek, egészségügyi műszerek, kémiai felszerelések készülnek belőle. Pozitív élettani hatása nem ismert. Főleg az alacsonyabb rendű szervezetekre és a halakra mérgező (Szoboszlai, Kriszt, 2010.).

2.2.1 A szennyezettség határértékei

A nehézfémek és más toxikus anyagok határértékeit a 6/2009 (IV. 14.) KÖM-EÜM-FVM-KHVM együttes rendelet A felszín alatti víz és földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről számú rendelet határozza meg. Ezeket a határértékeket mindenkinek kötelessége betartani. A nehézfémekre vonatkozó jogszabályi háttérrel védett határértékeket a 1. számú táblázatban találhatjuk.

Dunaújvárosban, napjainkban már csak egy automata mérőállomás ellenőrzi a városi levegő szennyezettségét. 2006-ig működtek még manuális mérőállomások, de működésük később megszűnt. Az automata mérőállomást a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium és a városi önkormányzat hozta létre 2003-ban, és a város üzemelteti. A mérőállomás az O_3 , NO_x , SO_2 , CO és a szálló por koncentrációját méri napi bontásban. A mért adatok közül a szálló por fontos a talajra jutó nehézfémek szennyezettsége okán.

1. Táblázat: Néhány toxikus elem engedélyezett határértékei a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendeletének 1. számú mellékletéből

1. melléklet a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelethez

Anyagcsoportonként (B) szennyezettségi határértékek földtani közegre

CAS szám = Chemical Abstract Service azonosító száma

K₁ = a veszélyességet jellemző besorolás, mely szerint K1 a minden esetben veszélyes anyagokat jelöli

B = (B) szennyezettségi határérték

1. Fémek („összes” kioldható) és félfémek (mértékegység: mg/kg szárazanyag)

CAS szám		B	K ₁
7440-47-3	Króm összes	75	K2
	Króm VI.	1	K1
7440-48-4	Kobalt	30	K2
7440-02-0	Nikkel	40	K2
7440-50-8	Réz	75	K2
7440-66-6	Cink	200	K2
7440-38-2	Árzen	15	K1
7782-49-2	Szelén	1	K2
7439-98-7	Molibdén	7	K2
7440-43-9	Kadmium	1	K1
7440-31-5	Ón	30	K2
7440-39-3	Bárium	250	K2
7439-97-8	Higany	0,5	K1
7439-92-1	Ólom	100	K2
7440-22-4	Ezüst	2	K2

2.3 A nehézfém-szennyezések kimutatási lehetőségei és hatásértékelése

2.3.1 A kimutatás fizikai-kémiai módszerei

Az ICP egy atomemissziós technika, melyben egy indukciós tekercs elektromágneses terét használjuk fel. Körülbelül 60-75 elem meghatározását teszi lehetővé, egyidejűleg sok elemet mérve, 1-2 perces mérési idővel ([http5.](http://5)). A működés során nemesgázt, legtöbbször argongázt használunk fel, ekkor egy Ar-atomokból és Ar⁺-ionokból, valamint elektronokból álló, magas hőmérsékletű (6000-8000 K) plazma alakul ki. Ebbe a plazmába kerül be a minta. A részecskék által kibocsátott fényt detektáljuk a gáz áramlására merőlegesen vagy azzal párhuzamosan is. A módszer kimutatási határai általában a 0,1-100 µg/ml koncentrációtartományba esnek.

Az ICP előnyei a következők: alkalmas gyors sokelemes meghatározásokra, kiváló kimutatási határok a periódusos rendszer mintegy 70-75 elemére, az atomemissziós spektrometriához (AES) képest egyszerű spektrumok, az ebből adódóan kevesebb spektrális zavarás, többféle mintavételi rendszerrel kapcsolható, széles linearitási

tartománya miatt fő- és mellékalkotók valamint nyomelemek egyidejűleg is meghatározhatók ([http6](#)).

Az atomabszorpciós spektrometria (AAS) az elemanalitika egyik legelterjedtebb műszeres analitikai módszere. A készülékek optikai rendszere a megvilágító fényforrástól a detektorig tart.

Ezt követi a jelfeldolgozó elektronika, majd a mérési adatokat megjelenítő kijelző rendszer. A megvilágító fényforrás útjában helyezkedik el az alapállapotú atomgőzöket előállító atomizáló egység, ahova a vizsgálandó mintát a mintabeviteli egység segítségével juttatjuk be ([http7](#)). Az atomabszorpciós spektrometriának, mint elemanalitikai módszernek a széleskörű elterjedését egyéb erényei mellett az is magyarázza, hogy mintegy 70 elem határozható meg segítségével.

A lángfotometria az atomspektrometriás módszerek közé tartozik, atomemissziós módszer, vagyis alkalmazásakor az atomforrás hőmérsékletén termikusan gerjesztődő atomok emisszióját mérjük. Az adott elem atomjaira jellemző hullámhosszúságon kibocsátott fény intenzitása az elem mintabeli koncentrációjával arányos, így a detektorjel kalibrációja révén szelektív mennyiségi meghatározás mérhető. A lángfotométer a legegyszerűbb felépítésű, alkáli- és alkáliföldfémek mérésére kialakított spektrométer. A műszer igen egyszerű felépítésű. Az atom és sugárforrás egy kisméretű, hengeres alakú égőfejben égő, aránylag kis hőmérsékletű (kb. 2000 K) PB-levegő gázeleggyel működő láng. A sűrített levegőt kompresszor biztosítja. A mérendő minták általában folyékonyak, ezért a mintákat egy porlasztó juttatja be a lángba. A színszűrőn átjutott, a mintabeli koncentrációjával arányos intenzitású fényt egy optikai lencse egy elektromos fotocellára fókuszálja, amely megméri annak intenzitását ([http8](#)).

2.3.2 A kimutatás biológiai módszerei

Az ökotoxikológiai vizsgálatok célja, hogy viszonylag egyszerű biológiai tesztekkel az ökoszisztéma egészére kivetíthető eredményt kapjunk. Mind egyes vegyi anyagok, mind szennyezett környezeti minták élő szervezetekre gyakorolt hatása vizsgálható ökotoxikológiai tesztekkel ([http 9](#)).

Talajok és üledékek környezeti kockázatának megítélésére, a szennyező környezetben történő viselkedésének, sorsának vizsgálatára, előrejelzésére, vagy követésére egy sor új biológiai vizsgálati módszert és ökotoxikológiai tesztet javasoltak és dolgoztak ki (Gruiz et al, 2001).

- Kontakt tesztek baktériumokkal szilárd fázisú környezeti mintákra.



2. ábra: Kontakt teszt baktériumokkal pl. az antibiotikum gátlási teszt (<http10>)

- Kontakt tesztek növényekkel szilárd fázisú környezeti mintákra.



3. ábra: Kontakt teszt növényekkel pl. csírateszt (<http11>)

- Kontakt tesztek talajlakó állatokkal: Collembola, földigiliszta.
- Talaj mikrokozmosz: egészséges talaj saját ökoszisztémájára gyakorolt hatás vizsgálata.
- Talaj mikrokozmosz: egészséges talajeredő enzimaktivitásaira gyakorolt hatás, légzés, dehidrogenáz aktivitás, nitrifikálás, cellulázenzim aktivitás.

- Talaj összcsíraszáma, ATP tartalma, CO₂ termelése..stb.



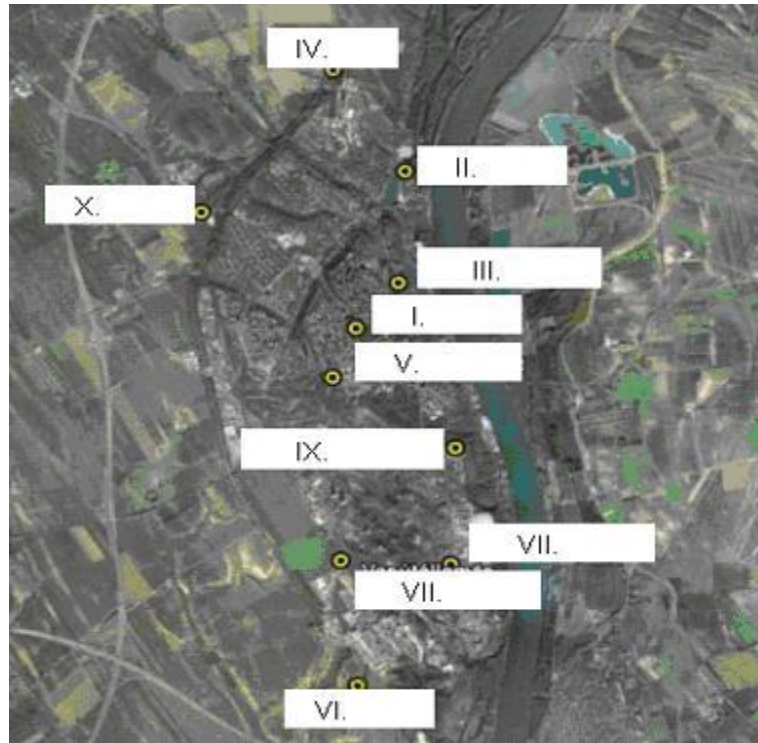
4. ábra A talaj összcsíraszámának meghatározása (<http12>)

- Talajban folyó biodegradáció.
- Talajban folyó szennyezőanyag mobilizálódás és immobilizálódás.
- Talajban folyó bioakkumuláció.

3 Anyag és Módszer

3.1 A mintavételi helyek és bemutatásuk

Dunaújvárosban 10 különböző pontról vettünk mintákat (Biro et al, 2011), melyek a város egész területét reprezentatív módon lefedik. Fontos volt a városban több helyről mintákat venni, hogy a város egészéről kaphassunk egy összefüggő képet és megállapíthassuk az egyes szegmensek, régiók esetleges veszélyeztetettségét. A mintavételi pontok kevésbé szennyezett és nagyon szennyezett helyeket is takarnak, de még mind a 10 helyszín a város közigazgatási határán belül van. A 10 mintavételi pontot az 5. ábrán láthatjuk.



5. ábra: A város 10 mintavételi pontjának elhelyezkedése Dunaújváros területén

3.2 A nehézfém tartalom kimutatása, hatásértékelése

3.2.1 Vizsgálatok ICP analízissel

Előzetes vizsgálatokkal meghatározásra került a 10 mintavételi hely nehézfém tartalma ICP elem analízissel (bővebben a 4.1 fejezetben). Ezen műszeres vizsgálat mellett annak megállapítására, hogy melyik nehézfém-dózis hat a legkárosabban a növényekre, szabványosított csírateszteket állítottunk be.

3.2.2 Vizsgálatok szabványosított csírateszttel

A kontakttesztek növényekkel szilárd fázisú környezeti mintákra. Az egyik típusa a gátlási teszt fehér mustármaggal a másik módszer a növekedési teszt, ahol a növények hajtás- és gyökérkezdemények hosszát mérik le.

A magasabbrendű növényekkel végzett toxicitás tesztek végpontja a pusztulás, a növekedés (mérhető hosszban, súlyban, %-os takarásban) valamint a fotoszintetikus és a metabolikus enzimaktivitások lehetnek. A tesztelésre használt növényeket úgy választják

ki, hogy a laboratóriumi körülmények között könnyen kezelhetőek legyenek. A szabványok többnyire egynyári növényeket és fűféléket javasolnak (Gruiz et al 2001).

Csírateszt fehér mustármaggal MSZ 21978-8: 1985 és MSZ 22902-4:1990 szabvány szerint

Teszt leírása:

- 20 db magot 5 cm átmérőjű Petri csészékbe kell tenni.
- A magokat szűrőpapírra helyezzük, majd 4-4 ml desztillált vizet a teljes kontroll mintákra, illetve 4-4 ml-nyi oldatot adunk a mintákhoz.
- A mintákat ezek után lefedjük, és sötét helyen, szobahőmérsékleten és egyéb a vizsgálándó hőmérsékleten 72 órán át inkubáljuk.
- A kísérlet végén megszámloljuk a kikelt magok számát, illetve feljegyezzük a megjelenő növényi részek hosszát. A fizikai paramétereket milliméterpapíron vagy vonalzón mérjük meg.

Talajos csírateszt fehér mustármaggal MSZ 21976-17/1988-as szabvány szerint

Teszt leírás

- Az 5 cm átmérőjű Petri-csészékbe 25 g vizsgálándó, légszáraz, talajt mérünk be.
- 20 db magot teszünk a Petri-csészékbe.
- Meghatározzuk a talaj 100%-os vízkapacitását és annak a 60%-ával dolgozunk, azaz a talajt 60%-os nedvességtartalmúra állítjuk be (desztillált vízzel, csapvízzel, vagy a vizsgálándó oldattal).
- A mintákat ezek után lefedjük, és sötét helyen, szobahőmérsékleten és egyéb vizsgálándó hőmérsékleten 72 órán át inkubáljuk.
- A kísérlet végén megszámloljuk a kikelt magok számát, illetve feljegyezzük a megjelenő növényi részek hosszát. A fizikai paramétereket milliméterpapíron vagy vonalzón mérjük meg (Gruiz et al 2001).

Teszt kivitelezése

Előzetes csírateszteket készítettünk a 10 Dunaújvárosi mintavételi pont talajából. Ezeket bővebben a 3.2. fejezetben mutatjuk be.

A dózisfüggő teszt előkészítése az 5. mintavételi hely talajának szitálásával kezdődött. Miután 2mm-es szitán homogén talajt kaptunk, meghatároztuk a szabadföldi vízkapacitását (60%-os nedvességtartalom értékét), majd a talajos csírateszthez 25g talajt mértünk ki a Petri csészékhez, és a vízkapacitásnak megfelelő mennyiségű (10 ml) nehézfémoldatot pipettáztunk rá, majd ráhelyeztük a 20-20 db növényi magot (mustármag /*Sinapis alba*/, szöszös bükköny/*Vicia villosa* Roth/).

A papíros teszthez szűrőpírokat helyeztünk az 5 cm átmérőjű Petri csészékbe, és szabvány szerint 4ml nehézfémoldattal nedvesítettük be, így kerültek rá a növényi magok, majd letakarva 72 órán keresztül szobahőmérsékleten állni hagytuk.

A nehézfémekből (Fe – vas-klorid, Cu – rézsulfát, Ni – nikkelsulfát, Al – alumínium szulfát, Mn – kálium-permanganát, Zn – cinkszulfát, Pb – ólom-nitrát) 100 mMol-os törzsoldatot készítettünk, majd abból 0,1,1,10 mMol-os hígítási sort. A vizsgálatot két ismétlésben végeztük el.



6. ábra: Csírateszt vizsgálathoz előkészített nehézfémoldatok a Dunaújvárosi Főiskola Talajvédelem laboratóriumában. Fotó: Domonkos M.

A kísérlet végén megszámoltuk a kikelt magok számát, illetve feljegyeztük a megjelenő növényi részek hosszát.



7. ábra: Csírák mérése, számolása a Dunaújvárosi Főiskola Talajvédelem laboratóriumában. Fotó: Domonkos M.

A kapott adatokat statisztikai módszerrel elemeztük ki, többváltozós variancia analízissel. Eredményként az átlagokat és a szórásokat mutatjuk be az ábrákon. A szignifikáns differenciákat 5 % valószínűségi szinten ($SZD_{5\%}$) jelöljük.

4 Az eredmények és értékelésük

4.1 A nehézfém szennyezettség alakulása Dunaújvárosban

Dunaújvárosban, 2010- 2011 között több alkalommal is történt talajminta begyűjtése vizsgálatokra

⇒ 2010 őszén (október vége)

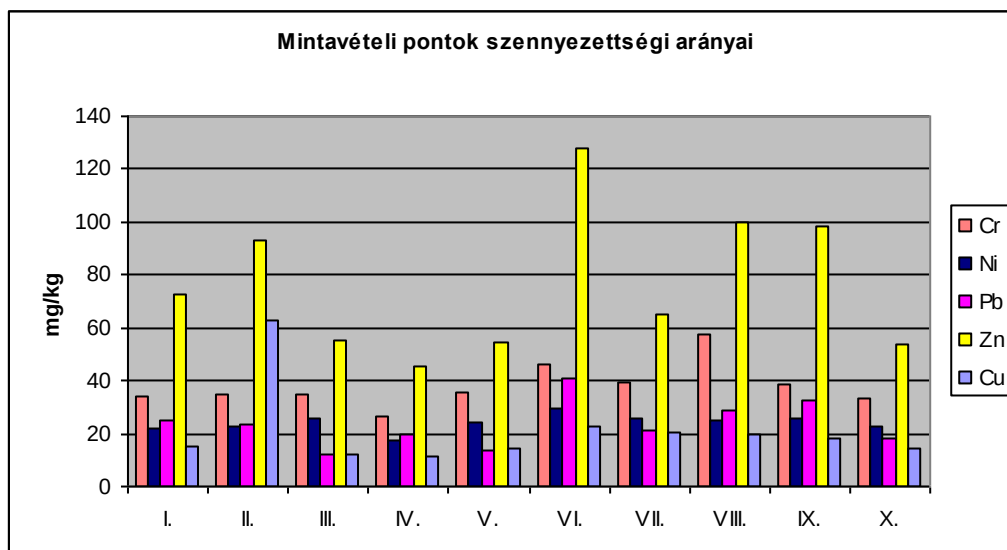
⇒ 2010 telén (februárban)

⇒ 2011 tavaszán (áprilisban)

Mindegyik alkalommal 10 db minta került megvételre a város különböző helyeiről(5. ábra). Ezeket, a mintákat többféle ökotoxikológia vizsgálatnak vetettük alá. A bennük lévő nehézfém-szennyezettség ICP-analízissel került meghatározásra. A vizsgálat adatait az 1-2-3 számú mellékletben mutatjuk be. A mellékletekben pirossal kiemeltük azokat az adatokat, amik túllépték az engedélyezett (B) határértéket.

4.1.1 A nehézfémek talajfüggő mennyiségei

A nehézfém-szennyezettség a vizsgált mintákban, eltérő mennyiségben fordul elő. A vizsgálat során kapott eredményeken jól látszik, hogy a minták minimum és maximum értéke széles skálán mozog. A nagy szórás egyik oka lehet a talajminták helyszíne mely erőteljesen, befolyásolhatja a minták nehézfém-tartalmát. Ez a „befolyásolási tényező” függ a mintavételi helyszíneken tapasztalható ipari vagy emberi tevékenységtől. Dunaújvárosban több mintát is sikerült venni ipari területekről. Ezeken megfigyelhető hogy nehézfém-tartalomra szinte mindig magasabb értékeket produkáltak, mint azok, amelyek kevésbé vannak kitéve ilyen jellegű környezeti terhelésnek. A mintavételi pontokon belüli különbséget a 8. ábra szemlélteti. Jól látható a grafikonon hogy a 6. , 8. és 9.-ik mintánál a legmagasabbak az értékek, míg a 4.-5.-ik mintánál a legalacsonyabbak. A határértéket több esetben is elérték a minták így pl: 2010 őszén vett talajokban, egyetlen elemre, a Szelénre kaptunk kiugró értéket. A többi esetben minden minta szennyezettsége a jogszabályban megadott értékek alatt maradtak, bár bizonyos elemek számos esetben közelítették is azt. Egyes mintavételi pontok talajmintáiban magasabb értékeket

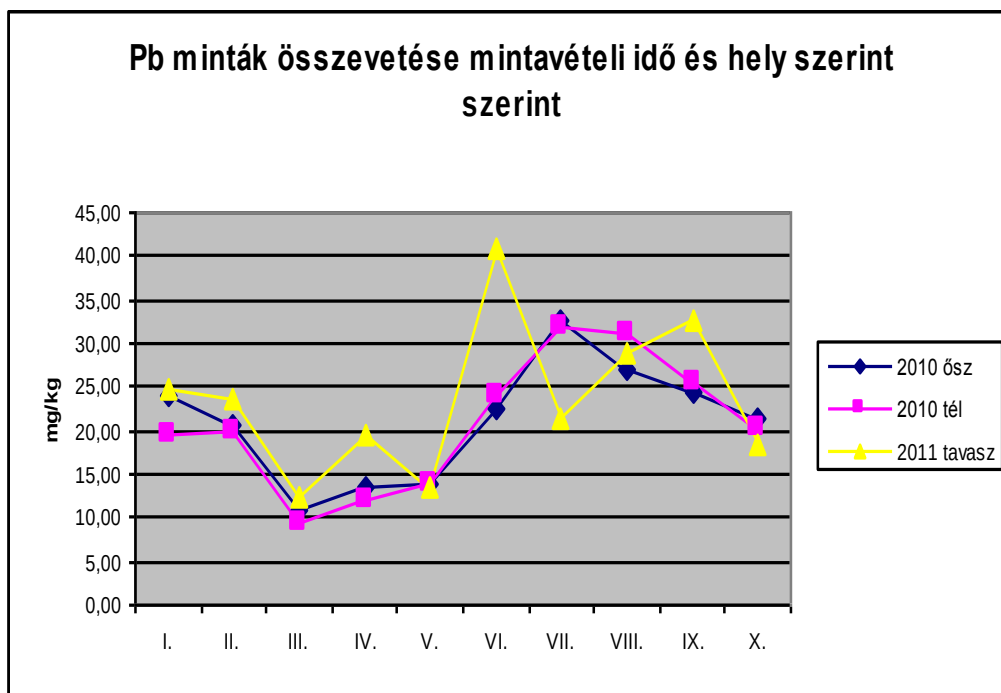


8. ábra: Dunaújvárosi mintavételi pontok talajának (0-30 cm) szennyezettségi eloszlása néhány elemre ICP analízissel, királyvizes feltárással 2011 tavasz

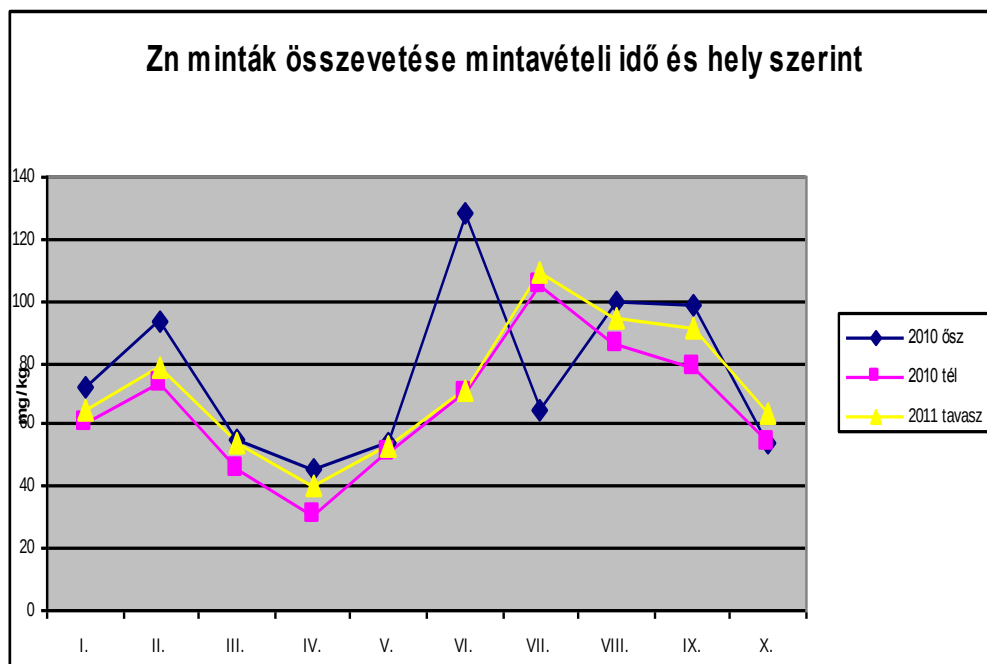
4.1.2 A nehézfémek mennyiségének szezonális változása

A szezonális vizsgálatokra azért van szükség, hogy adatokat kapjunk a környezeti tényezők (pl: időjárás, klíma) befolyásoló hatásáról, illetve arról, hogy az egyes elemek között jelentkezik-e esetleges feldúsulás az idővel.

Megállapíthatjuk, hogy a három mintavétel feldolgozott adatai szerint szezonális dinamika nem jelentkezett. A szennyezések eloszlása nem mutat a mintavételi pontoknál azonos időszakonkénti változást. A szezonális változások tehát lényegileg nem befolyásolják a szennyezettség alakulását a vizsgálatnak ezen rövid szakaszában. A kimutatott, nem szignifikáns változások ugyan az ipari tevékenységnek és az időjárási viszonyoknak tudhatók be, de a mintavétel általános hibájaként is értékelhetők. Az 9. és 10. ábrán jól látható hogy a mintákból kapott eredmények szezonálisan nem mutatnak tendencia jellegű változást, csakis egyedi eltérések vannak az egy helyen, de más időpontban vett minták között. A két grafikonon jól látható hogy 2 mintavételi pontnál nőttek meg az értékek negatív és/vagy pozitív irányba is a 6 és a 7 mintavételi pontnál.



9. ábra: Az ólom (Pb) mennyiségének alakulása Dunaújváros 10 pontján (I-X) vett talajmintákban (0-30 cm) három szezonális mintavétel során

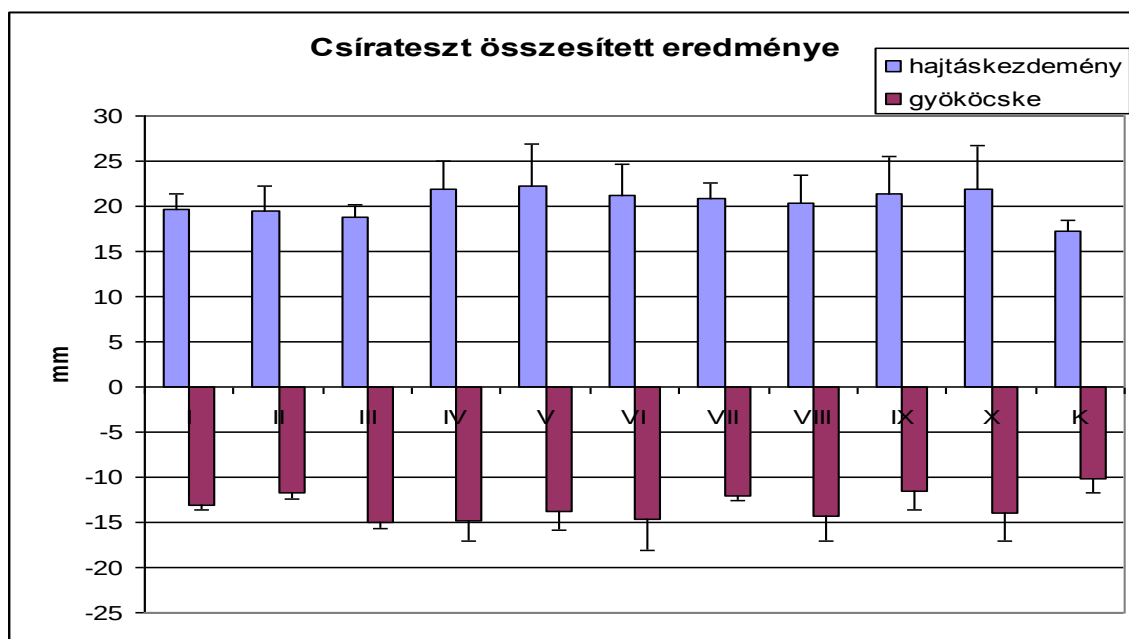


10. ábra: A cink (Zn) mennyiségének alakulása Dunaújváros 10 pontján (I-X) vett talajmintákban (0-30 cm) három szezonális mintavétel során

4.2 A csírateszt eredményeinek alakulása

4.2.1 A talajfüggő csírateszt eredményei

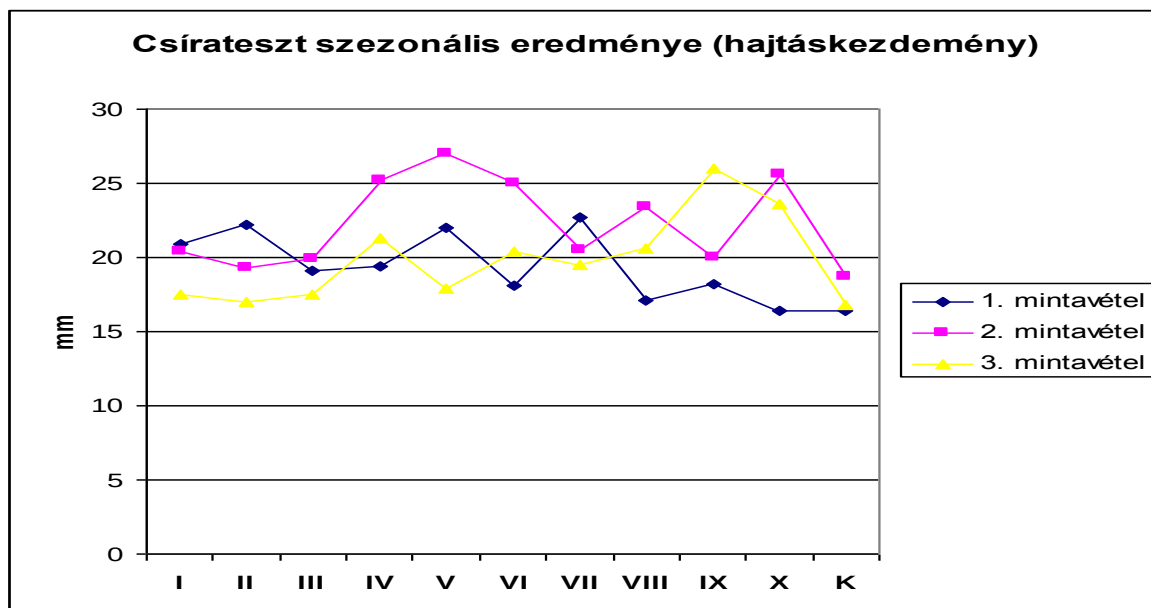
10 mintavétel talaját felhasználva csíratesztek kerültek kivitelezésre 3 ismételtsben. Megállapítható, hogy a mintavételi helyek közötti különbségek észrevehető módon megnyilvánulnak, bár az adatok szórása elég nagy. Megfigyelhető az eredményekben mindegyik mintavételnél egyfajta azonos tendencia. A minták közül a hajtáskezdemény a 4, 5, 9, 10 talajnál mutat átlagban magas értéket, maximumot a gyököcskehosszban a 2, 4, 6, 8, 10 minta mutat. Ezeket, az eredményeket a 11 ábra szemlélteti. Megállapíthatjuk, hogy a csírateszt eredményeit kevésbé befolyásolta az a tény hogy a mintavételi pontok erős környezeti szennyező hatásnak vagy erőteljesebb emberi tevékenységnek voltak-e kitéve vagy hogy kevésbé szennyezett helyeken voltak-e a pontok. A talajok összetétele kulcsfontosságú a csíranövények növekedése szempontjából. Ezt a tulajdonságot jól mutatja, hogy a kontrolltalajon kaptuk a legrosszabb eredményt mindegyik vizsgálati időpontban. A nehézfémek ugyanis az elemakkumuláció kezdetén, mint létfontosságú mikroelemek nem gátolják, hanem sok esetben (típus és dózisfüggő módon) akár serkenthetik is a növénynövekedést, ha azok a talajban hiányban vannak. A talaj összetevőinek befolyásoló tényezőit és az összefüggéseket a következő fejezetekben mutatjuk be.



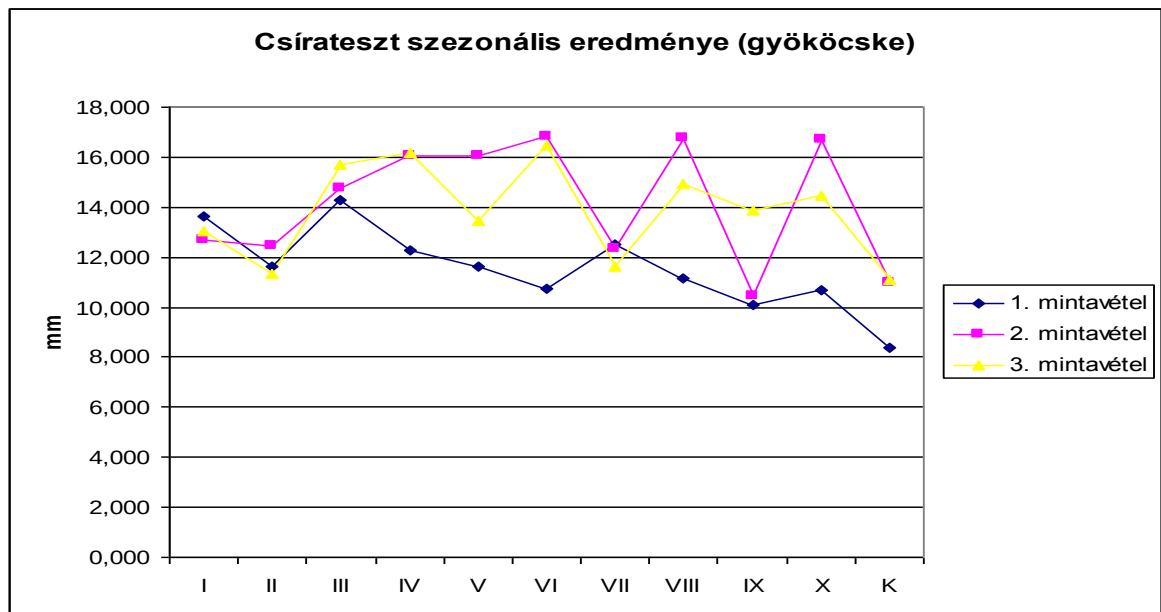
11. ábra: Csíranövények hajtás- és gyökérkezdeményeinek hossza Dunaújváros 10 pontjáról (I-X) vett talajokon (0-30 cm) és egy kontroll (K) talajon való inkubáció után. (három mintavétel összesített átlagai). Dunaújváros, 2010-2011,

A 3 mintavételi időpont, évszakonként jeleníti meg a talajok és a benne lévő alkotórészek hatását a belőlük előkészített és elvégzett szabványosított csíratesztben. A 12. és 13. ábrán jól látható hogy a minták értékei miként változnak a mintavételi időpontok függvényében.

A minták csak bizonyos százalékánál figyelhetünk meg szezonális változást. A hajtáskezdemények táblán jól látszik hogy a 2. mintavétel eredményei egyes helyeken sokkal magasabb eredményt adtak, mint a másik két mintavételnél. Megfigyelhető hogy a hajtáskezdemények a minták, felénél a 2. és 3. mintavételnél magasabbak, mint az első mintavétel azonos helyein. A gyököcskék hosszánál ez a tendencia ismét megfigyelhető és már a minták több mint 80%-ánál előfordul. Egyes minták lineáris növekedést mutatnak egymással a mintavételeket figyelembe véve. A 2. és 3. mintavételnél a hajtáskezdemények az 5 és 9 mintavételi pont kivételével jól reprezentálják ezt. Az első mintavétel azonban teljesen eltér ettől a tendenciától. A gyököcske-hossz vizsgálatánál ugyanezzel a tendenciával szembesültünk, bár ebben az esetben az 5. és a 9. minta mellett a 2. minta is eltér a lineáris tendenciától. Az első mintavétel ebben az esetben sem követi párhuzamosan a 2. és a 3. mintavételt.



12. ábra: Dunaújváros 10 pontjának (I-X) gyűjtött és kontrol (K) talajmintákon nőtt mustármag hajtáskezdeményeinek hossza (mm) a három mintavétel során (n=3)



13. ábra: Dunaújváros 10 pontján (I-X) gyűjtött és kontrol (K) talajmintákon nőtt mustármag gyökérkezdeményeinek hossza (mm) a három mintavétel során (n=3)

4.3 A nehézfémek dóziszfüggő hatásainak eredményei

4.3.1 A nehézfém-dózisok hatása szűrőpapíron

Laboratóriumi körülmények között, általunk adott növekvő dózisú nehézfém-sókkal is megvizsgáltuk a magvak csírázását. A teszt során kétféle növényt használtunk, a szabványban előírt mustármag (*Sinapis alba*) mellett a szöszös bükkönyt (*Vicia villosa*) is bevontuk a vizsgálatokba. A tesztet a szabványosított szűrőpapír mellett egy talaj felhasználásával is megismételtük, hogy adatokat kapjunk a talajok befolyásoló hatásáról is.

A kétféle növény vizsgálata során bizonyítást nyert, hogy azok érzékenysége a tesztelt nehézfémsókkal szemben nem azonos. A szöszös bükköny a mustármaghoz képest szinte minden esetben jobban fejlődött a szabványos teszt során, ami igazolja azt, hogy a teszthez egy igen érzékeny növényt sikerült kiválasztani. Egy esetben azonban magasabb értékeket mutatott a dóziszfüggő papíros mustármag kísérlet a mangán (Mn) oldattal való kezelésnél. A mustármag Mn-igénye tehát kifejezettebb a szöszös bükkönnyel való összehasonlításban.

A csírázó képesség vizsgálata során megállapíthatjuk, hogy a mustármagok közül sokkal több csírázott ki, mint a szöszös bükköny magok közül. Ez a tulajdonság a magvak érettségével és korával is összefüggésben lehet. A szűrőpapíron csírázott mustármagok hajtásnövekedése a mérések 80%-nál magasabb volt, mint a gyököcskék növekedése. A mustármag esetében a vas (Fe) hígítási oldatai voltak a leginkább kártékonyak a növekedésre és a mangáné (Mn) a legkevésbé. A szöszös bükköny esetében a legrosszabb átlagot az alumíniummal (Al) szennyezett minta mutatta, míg a legjobbat a mangánnal (Mn) terhelt minta. Bár egyes esetekben a mustármag hoz képest a szöszös-bükköny megkezdeményeinek hosszai elmaradtak, de a dózisálló képességük a csírázáshoz erőteljesebbnek bizonyult. A mangán (Mn) és az ólom (Pb) terhelésénél mutatott mindkét minta minden dózisonál pozitív eredményt. Megfigyelhető, hogy a terhelt oldatok által kezelt minták értékei magasabbak, mint a kontroll oldat által kezelt minták értékei.

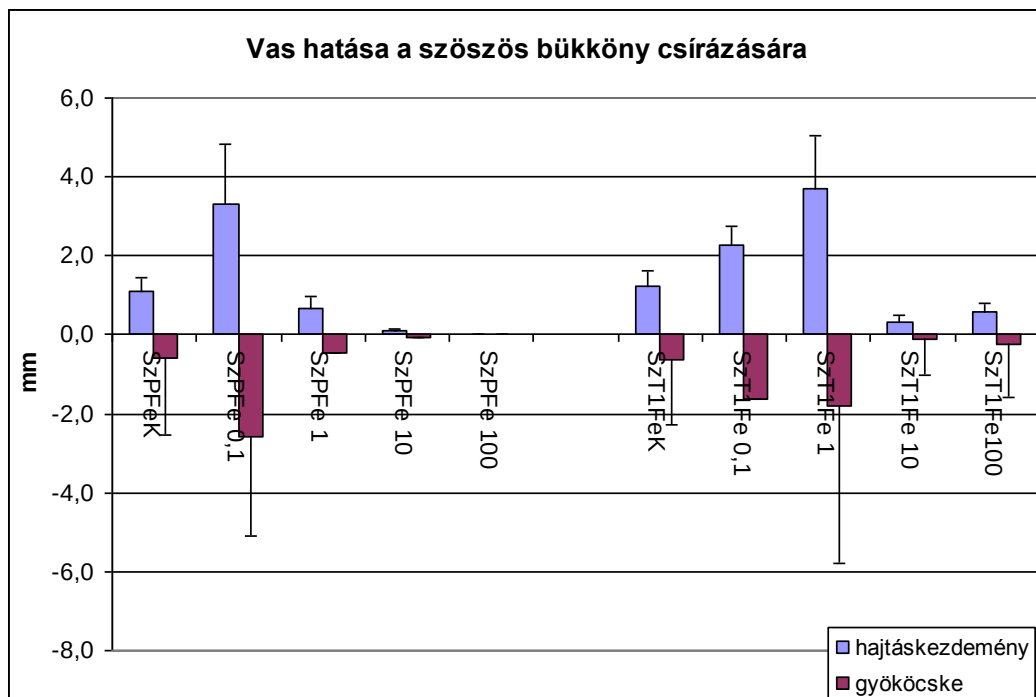
4.3.2 A nehézfém-dózisok hatása talajon

A kétféle növénytel végzett kísérletek adataiból kiderül, hogy a mustármag sokkal jobb arányban volt képes kicsírázni, mint a szöszös-bükköny és növényi rész kezdeményeinek hossza is jóval meghaladta a másik növényét (15.-18. ábra). A mustármag talajon (14. ábra) az ólom (Pb) (17. ábra) és a mangán (Mn) oldatok mellett mutatta a legjobb fejlődési rátát, ezzel szemben nehezen viselte a nikkel (Ni) és a vas (Fe) (15. ábra) oldatainak terhelését. A szöszös bükköny mindkét vizsgált területnél csak a mangán (Mn) és a vassal (Fe) kezelt csészékben mutattak pozitív eredményt. A mustármag szinte minden esetben mutatott növekedést és csak a legtöményebb oldattal kezelt csészében volt olyan mag, ami nem indult növekedésnek.

Megfigyelhető, hogy terhelt oldatok által kezelt minták értékei magasabbak, mint a kontroll oldat által kezelt minták értékei.

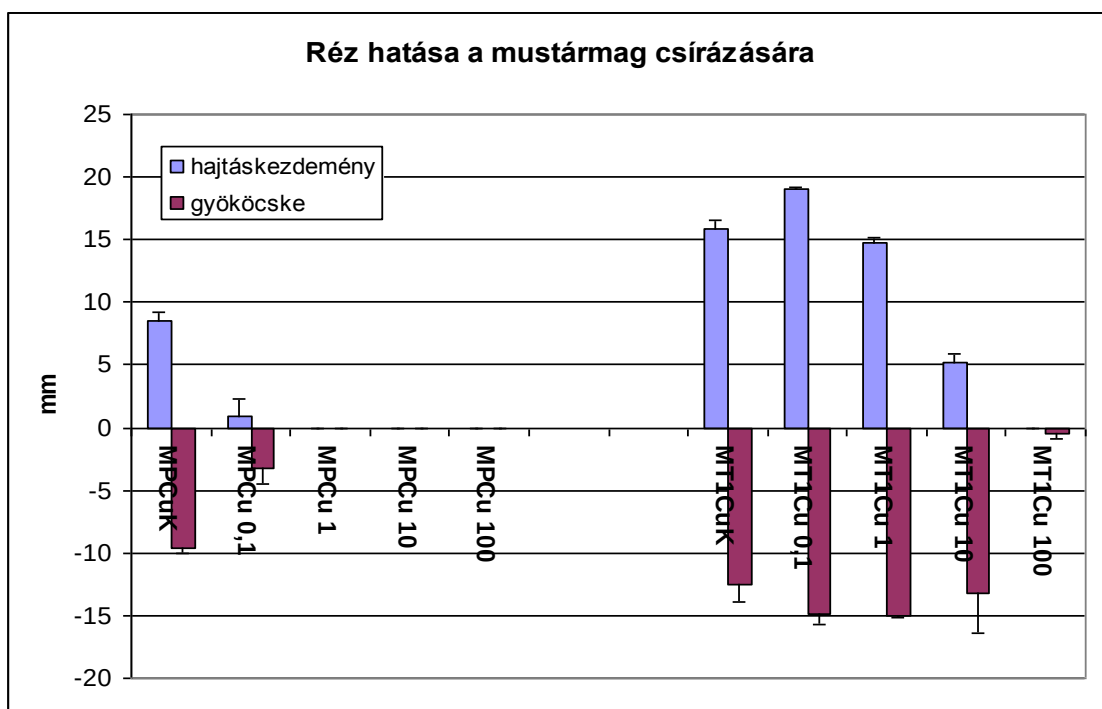


14. ábra: Mustármagvak és szöszös bükköny magvak csírázásának tanulmányozása szűrőpapíron és talajon, a Dunaújvárosi Főiskola, Műszaki Intézetének, Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszékén. Talajvédelem laboratórium.



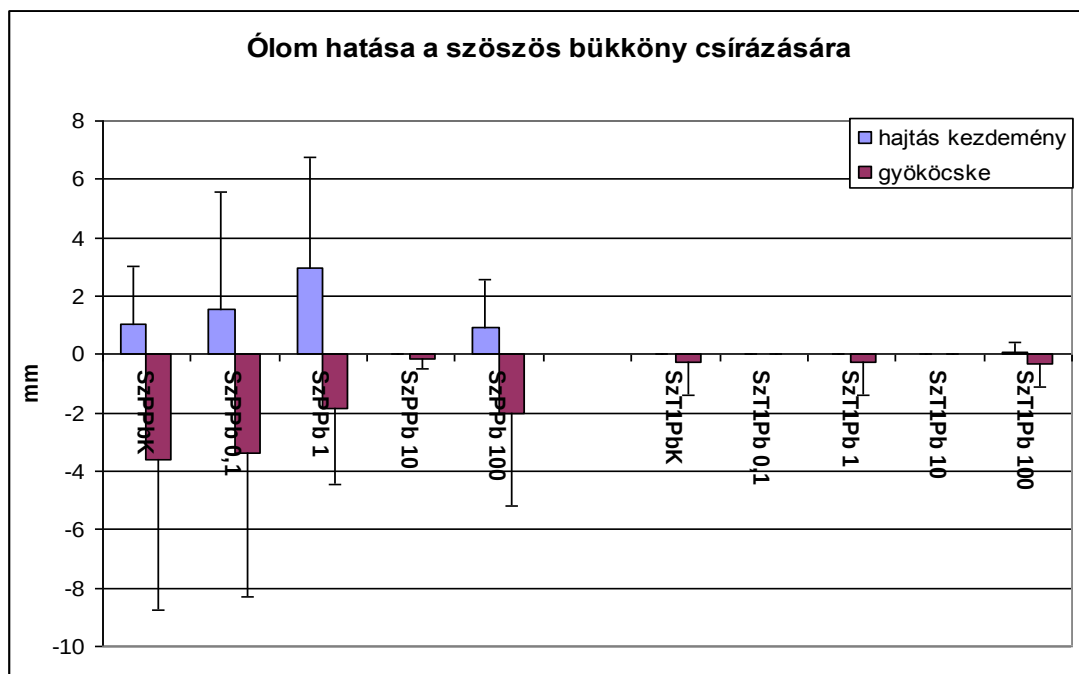
15. ábra: A vas (Fe) növekvő dózisainak a hatása szöszös bükköny magvak csírázására (n=2). Dunaújváros, 2011.

(Sz- szöszös bükköny, P – papír, Fe – vas, K – kontroll, számozás – dózis mMol)



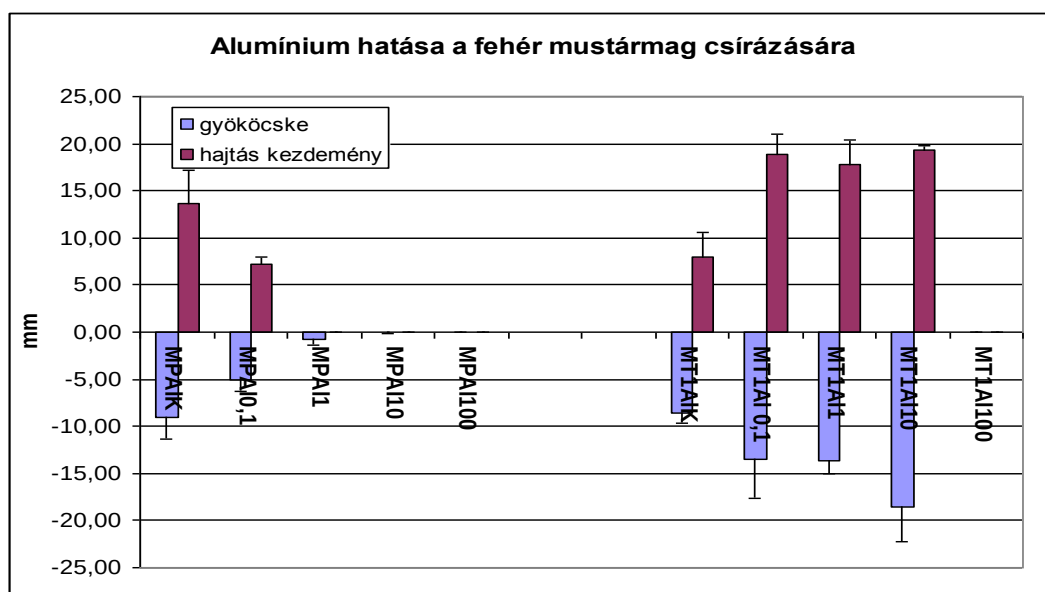
16. ábra: A réz (Cu) növekvő dózisainak a hatása szöszös bükköny magvak csírázására (n=2). Dunaújváros, 2011.

(M - mustármag, P – papír, Cu- réz, K – kontroll, számozás – dózis mMol)



17. ábra: Az ólom (Pb) növekvő dózisainak a hatása szöszös bükköny magvak csírázására (n=2). Dunaújváros, 2011.

(Sz- szöszös bükköny, P – papír, Pb - ólom, K – kontroll, számozás – dózis mMol)



18. ábra: Az alumínium (Al) növekvő dózisainak a hatása szöszös bükköny magvak csírázására (n=2). Dunaújváros, 2011.

.(M / mustármag, P – papír, Al – alumínium, K – kontroll, számozás – dózis mMol)

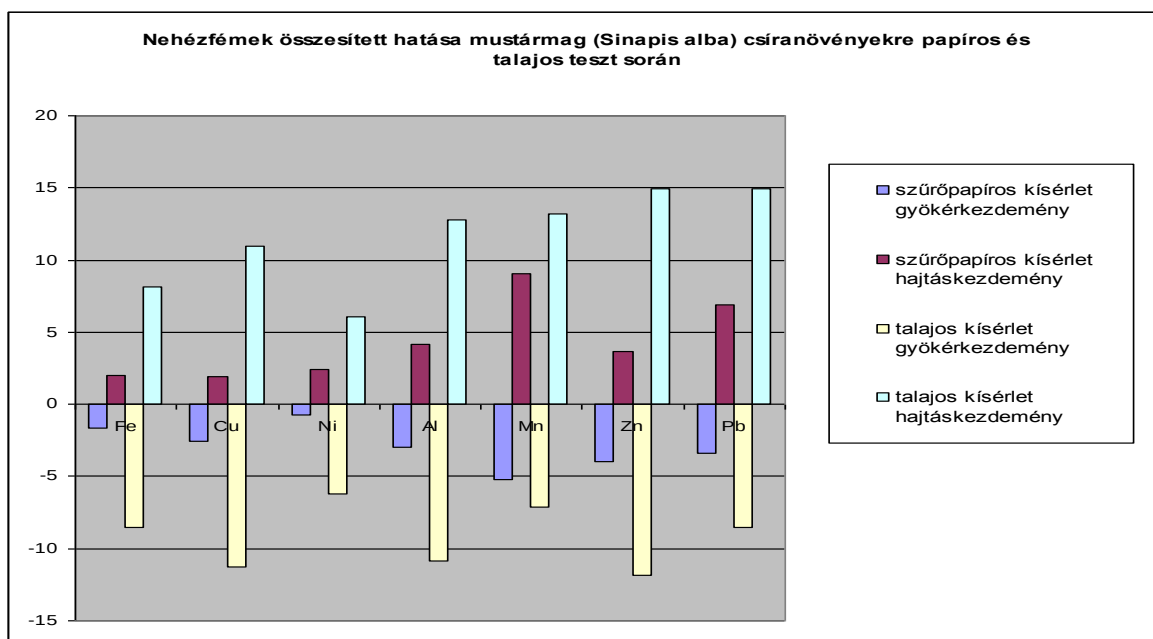
4.4 A mért tulajdonságok közötti összefüggések értékelése

4.4.1 A fizikai, kémia és biológia tulajdonságok közötti összefüggések

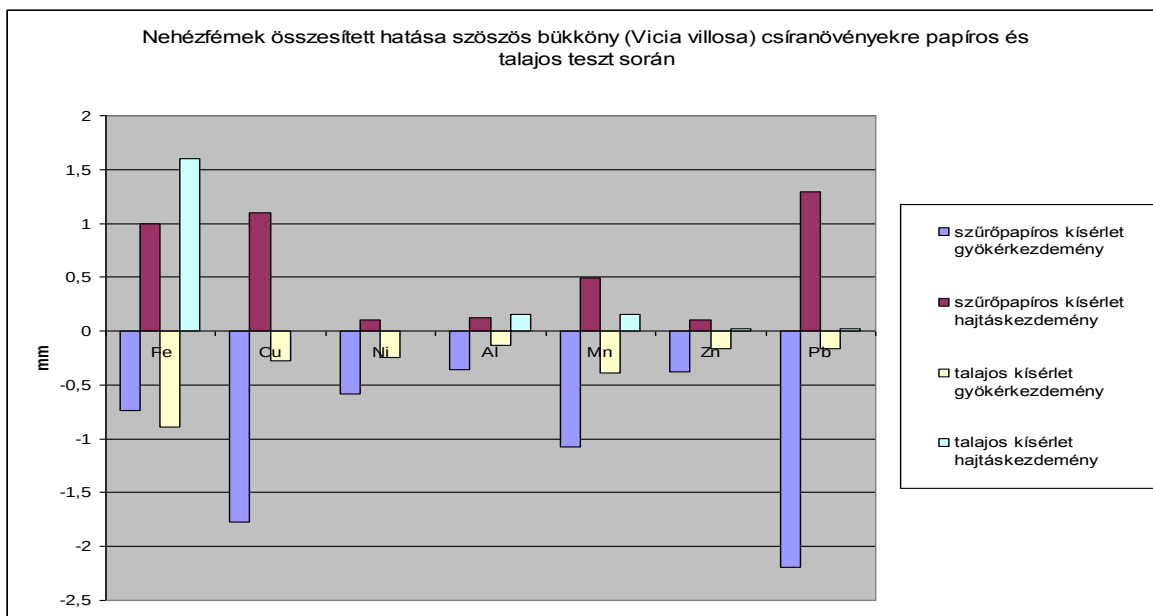
A növények dóziszfüggő hatásánál kimutatást nyert hogy kis mennyiségben a vizsgált elemek akár segíteni is képesek a növények növekedését. Ezt bizonyítja az a tény, hogy a kontroll-oldattal (csapvízzel) kezelt minták növekedési hosszai lényegesen kisebbek voltak, mint a kezelt mintáké. Ez az állítás ugyanakkor csak a talajon végzett kísérletnél igazolódik. Így tehát igazolódott, hogy talajok befolyásoló tényezőit sem hagyhatjuk figyelmen kívül.

4.4.2 A talaj befolyásoló hatása

A talaj lényeges hatást gyakorol a magvak csírázására és a csíranövények növekedésére is. A talajban található makro- és mikroelemek létfontosságúak ahhoz, hogy a talajban azokból egyféle egyensúly (homeosztázis) alakuljon ki. Az alkalmazott fém-sók (toxikus elemek) hatását a talajból felvehető egyéb elemek képesek csökkenteni, mérsékelni, illetve számos esetben a határértéket meghaladó dózisoknál akár fokozni is. Az egyes, általunk alkalmazott elemek mellett a csírák növekedéséhez egyéb létfontosságú elemekre is szükség lehet, amit azok a talajból megkaphatnak, a szűrőpapíros vizsgálatnál azonban nem (19. és 20. ábra).



19. ábra: A nehézfémek összesített hatása mustármag (*Sinapis alba*) csíranövényekre papíros és talajos teszt során



20. ábra: A nehézfémek összesített hatása szöszös bükköny (*Vicia villosa*) csíranövényekre papíros és talajos teszt során

5 Következtetések

A vizsgálati eredményekből kiderült, hogy a fém sók dózisa mellett erős befolyásoló tényezők a talajok különféle tulajdonságai is. A tulajdonságok képesek befolyásolni, mind a csírázás mértékét, mind a fém sók feloldódását a talajban és a felszívódását a növényekben. Bebizonyosodott az is, hogy a nehézfémek, illetve az alkalmazott elemek kis mennyisége szükséges lehet a növények megfelelő növekedéséhez. Az optimálisnál nagyobb mértékben történő felhalmozódásuk a nagyobb dózisok ugyanakkor kártékonyak lehetnek a talaj-növény-mikroba rendszer egészére nézve.

Fontos megemlíteni hogy a városi nehézfém-szennyezettség, az ipari létesítmények, ipari parkok környezetében fokozottabb lehet, aminek hatása van a vegetációra. Ezt a növényekre gyakorolt hatást egy következő dolgozatban lehet tovább vizsgálni, azaz azt hogy, mely növények állnak jobban ellen ezeknek, a környezeti vagy ipari stressz-hatásoknak. A vegetációra ugyanolyan negatív befolyással vannak egyéb szerves- és szervesetlen szennyezők is. Ezeknek a szervesetlen anyagokkal együtt megnyilvánuló összesített hatása további befolyásoló tényező, ami vizsgálatokat igényel a Dunaújvárosi talajokban.

6 Összefoglalás

Dunaújváros területén az elmúlt évek során nem, vagy csak alkalmanként történtek olyan talajvizsgálatok, melyek a város talajának a szennyezettségét vizsgálták.

2010-11 között ezért 3 alkalommal, szezonális rendszerességgel (ősz, tél, tavasz) történtek talajmintavételek a város 10 pontján, amelyekből 14 gyakori elemnek a mennyisége elemzésre került sor ICP analízissel segítségével. A talajokban előforduló nehézfémek növekvő dózisaival ökotoxikológiai-vizsgálatok folytak szabványosított mustármag csírateszt segítségével.

A 10 helyszínen vett talajminták szennyezettsége különbözött. Legnagyobb mennyiségben a cink (Zn) elem dúsult fel. A nehézfém-dózisok különböző módon hatottak a vizsgált csíranövények (mustármag) különböző szerveire a gyököcskékre és a rügyecskékre is

A talajok elemzése, a 10 mintavételi hely összehasonlítása és a csírateszt, meghatározták azokat az elemeket és helyszíneket, amelyek kritikusak és fokozottabb figyelemre szorulnak a környezet- és emberegészségünk érdekében.

A folyamatos monitoring adatbankja alkalmas lesz arra, hogy a káros hatásokat kivédhessük, vagy megakadályozhatjuk.

7 Irodalmi hivatkozások

BIRÓ B, BAYOUMI H.E.A.F, BALÁZSY S, KECSKÉS M (1993): Cu²⁺ és Zn²⁺ ionok hatása szimbiotikus és asszociatív baktériumok szaporodására laboratóriumi körülmények között. *Agrokémia Talajtan*, 42: 343-350.

BIRÓB. (2000): Talajvédelem Főiskolai jegyzet. Dunaujvárosi főiskola,

BIRÓ B (2002): Talaj és rhizobiológiai eszközökkel a fenntartható növénytermesztés és környezetminőség szolgálatában. *Acta Agronomica Hungarica*, 50: 77-85.

BIRÓ B., SZILI-KOVÁCS T., ANTON A. (2010): A rekultivációtól a remediációig. (Az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet 50 éves Talajbiológiai Osztályának és együttműködő partnereinek fontosabb kutatási eredményei). *Agrokémia és Talajtan.*, 59: 409-422.

BIRÓ B., SAJTOS L., ZSUPOS G., DOMONKOS M., KISS E. (2011): Néhány szerves és szervetlen szennyezőanyag egy ipari város egy ipari város területének talajaiban 6. Erdei Ferenc Tudományos Konferencia előadása, Kecskemét, 2011. aug. 25.

BERNVALNER G. (2007): Nehézfém szennyezés vizsgálata a Férihegy I. mellett lévő erdős védősáv talajában, Mérnöki terv, Szent István Egyetem, Gödöllő

BILLWITZ, K., BREUSTE, J., 1980: Anthropogene Bodenveränderungen im Stadtgebiet von Halle/Saale. In Wiss. Zeitschrift Univ. Halle, XXXIX, Heft 4, pp. 25-43, Halle.

GÉCZI R. 2007: Városökológia 2007-Városi Talajok előadás jegyzet

GRUIZ K, HORVÁTH B, MOLNÁR M. 2001: Környezettoxikológia. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2001.

RUNGE, M., (1975): Westberliner Böden anthropogener Litho- oder Pedogenese. Diss. TU West Ber lin.

STEFANOVITS, P. (1992): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 63

SZOBOSZLAY S., KRISZT B. (2010); Környezeti elemek védelme, Egyetemi jegyzet, SZIE-KTI, Gödöllő, p:13-58.

MSZ 21976-17/1988; *Sinapis alba* gyökér- és szárnövekedés gátlási teszt.

MSZ 21978-8 : 1985: Veszélyes hulladékok vizsgálata. Csíranövényteszt

http1: <http://ganymedes.lib.unideb.hu:8080/dea/bitstream/2437/79510/7/ertekezes.pdf>

http2: <http://kockazatos.hu/anyag/nikkel-%C3%A9s-vegy%C3%BCletei>

http3: http://real-d.mtak.hu/213/1/Simon_Laszlo.pdf

http4:http://www.omikk.bme.hu/collections/phd/Vegyeszmernoki_Kar/2005/Lesko_Kornelia_Ilona/ertekezes.pdf

http5.: <http://oktatas.ch.bme.hu/oktatas/konyvek/anal/Kornyezetmernoki%20szak/AS-elm.%F6sszefoglal%F3.pdf>

http6.: http://www.chem.elte.hu/system/files/ICPMS_leiras.pdf

http7.: <http://www.tankonyvtar.hu/kemia/atomabszorpcios-080904-63>, Posta J. (2008), Debreceni Egyetem

http8.: http://www.sci.u-szeged.hu/inorg/muszi_v3.pdf Galgabács G. et al. (2008):
Műszeres analitikai kémiai gyakorlatok JATEPress, Szeged. p. 87-89., 120-122.

http9: <http://www.kvvm.hu/szakmai/karmentes/kiadvanyok/karmkezikk3/3-09.htm>

http10: <http://www.elelmszeriparitakaritas.hu/altalanos/tisztito-es-fertotlenito-vegyszerek-mikroba-gatlo-hatasa-az-elelmszeripari-takaritasban>)

http7: <http://www.rainbowwilson.co.uk/body%20pages/comp.htm>)

http8:(http://biology.clc.uc.edu/fankhauser/Labs/Microbiology/Yeast_Plate_Count/07_yeast_0.2mL_plate_P7201181.jpg)

8 Köszönetnyilvánítás

Ezúton fejezem ki köszönetemet konzulenseimnek Prof. Dr. Biró Borbálának és Domonkos Mónikának a Dunaújvárosi Főiskola, Műszaki Intézet, Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszék munkatársainak, akik időt és munkát nem kímélve segítettek a dolgozat létrejöttében. Köszönöm diáktársamnak, Sajtos Lászlónak, hogy a kísérletek végrehajtásában segítségemre volt.

Köszönjük a támogatást a Dunaújvárosi Főiskolán folytatott TÁMOP 4.2.2-08/1/2008-0016 projektnek, , valamint a tematikusan illeszkedő, EU-Fp 7 által támogatott Soil-CAM projektnek is.

9 Mellékletek

számú melléklet 14 elem ICP analízissel meghatározott mennyiségei Dunaújváros 10 pontján vett talajmintákban (0-30 cm). 2010 őszi mintavétel eredményei

Mintakód	As	B	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Se	Sn	Zn
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
								0,12				0,6	0,25	
I.	7,66	17,1	148	0,446	7,69	34,4	15,4	<kh	0,267	22,1	24,6	<kh	1,11	72,3
II.	8,67	17,8	161	0,374	8,02	34,7	62,9	<kh	0,309	22,7	23,8	<kh	1,61	93,1
III.	8,24	14,1	113	0,164	9,42	34,7	12,1	<kh	0,138	25,8	12,4	<kh	<kh	55,1
IV.	6,37	13,4	95,6	0,192	6,58	26,6	11,5	<kh	0,392	17,6	19,5	<kh	<kh	45,1
V.	9,04	20,4	141	0,184	8,84	35,8	14,5	<kh	0,439	24,2	13,4	<kh	0,251	54,2
VI.	11,7	22,9	219	0,689	9,7	46	22,8	<kh	0,747	29,5	40,9	<kh	1,87	128
VII.	8,19	18,4	151	0,316	9	39,1	20,5	<kh	0,49	25,7	21,2	<kh	0,337	64,9
VIII.	8,71	17,5	178	0,503	8,43	57,8	19,6	<kh	0,578	25,1	28,8	<kh	0,641	99,7
IX.	10,6	19,9	177	0,554	8,88	38,4	18	<kh	0,885	25,8	32,7	<kh	0,862	98,3
X.	7,03	17	138	0,229	8,7	33,4	14,5	<kh	0,432	22,8	18,5	<kh	0,493	53,6

2. számú melléklet 14 elem ICP analízissel meghatározott mennyiségei Dunaújváros 10 pontján vett talajmintákban (0-30 cm). 2010 téli mintavétel eredményei

Mintakód	As	B	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Se	Sn	Zn
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
								0,12				0,6	0,25	
I.	8,8	16,2	130,4	0,3	8,0	31,8	17,6	<kh	0,3	22,8	19,5	0,9	1,5	60,6
II.	8,2	16,0	127,6	0,3	7,7	34,2	44,2	<kh	0,5	22,2	19,9	0,8	1,4	73,5
III.	8,8	14,0	99,5	0,2	8,9	32,6	14,3	<kh	0,3	25,4	9,5	1,0	0,5	45,5
IV.	6,4	12,9	85,9	0,2	6,6	25,4	12,2	<kh	0,2	17,3	12,0	1,1	0,8	31,1
V.	9,7	20,0	136,7	0,2	8,9	33,8	16,8	<kh	0,2	24,7	13,8	1,7	0,5	51,2
VI.	9,2	18,9	151,2	0,4	8,9	43,0	23,6	<kh	0,4	25,8	24,2	0,9	1,3	70,5
VII.	13,7	21,3	208,8	0,5	10,5	41,0	26,7	<kh	0,6	27,1	31,9	1,4	1,8	105,2
VIII.	9,8	16,3	161,7	0,5	8,8	53,2	23,8	<kh	0,6	24,8	31,2	1,4	1,6	86,2
IX.	10,5	18,8	159,0	0,5	8,2	34,1	22,4	<kh	0,7	23,6	25,3	1,9	2,8	78,0
X.	8,3	17,3	127,2	0,2	8,9	34,5	18,5	<kh	0,3	24,3	20,3	0,9	0,5	54,3

3. számú melléklet 14 elem ICP analízissel meghatározott mennyiségei Dunaújváros 10 pontján vett talajmintákban (0-30 cm). 2011 tavaszi mintavétel eredményei.

	As	B	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Se	Sn	Zn
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Mintakód								0,12				0,6	0,25	
I.	7,52	12,93	86,73	0,36	8,10	29,38	16,52	<kh	0,36	21,80	24,05	<kh	3,73	64,68
II.	6,87	13,48	92,50	0,28	7,62	31,42	42,97	<kh	0,28	21,23	20,53	<kh	1,24	78,50
III.	7,64	12,57	75,45	0,14	8,88	32,40	13,18	<kh	0,20	24,22	10,75	<kh	0,76	54,17
IV.	4,77	11,68	46,73	0,19	6,47	23,90	10,08	<kh	0,20	16,23	13,52	<kh	0,66	40,75
V.	7,96	18,05	103,03	0,18	8,46	32,82	17,80	<kh	0,19	24,50	13,72	<kh	1,01	53,35
VI.	7,10	16,58	122,00	0,34	8,47	43,32	21,67	<kh	0,21	24,63	22,48	<kh	2,00	70,72
VII.	11,12	21,08	212,50	0,53	9,78	43,87	22,87	<kh	0,43	27,45	32,77	<kh	3,10	109,27
VIII.	7,56	14,63	119,73	0,45	8,64	46,75	23,10	<kh	0,71	25,72	27,10	<kh	2,20	94,80
IX.	9,15	15,60	128,33	0,43	8,09	31,05	22,22	<kh	0,64	23,48	24,32	<kh	2,19	91,07
X.	6,16	14,60	94,62	0,22	8,49	32,67	17,17	<kh	0,30	23,33	21,28	<kh	0,85	63,65

NYILATKOZAT

a TDK dolgozatról

Alulírott Zsupos Gábor Műszaki Menedzser szakos hallgató **kijelentem, hogy**

DUNAÚJVÁROSI TALAJOK NEHÉZFÉMTARTALMÁNAK VIZSGÁLATA

(című) TDK dolgozatomat (nyomtatott és elektronikus formában) a Dunaújvárosi Főiskola oktatói és hallgatói, szükség esetén más érdeklődők is felhasználhatják (pl. hivatkozás alapjául, olvasótermi használatra) későbbi munkájukhoz **a szerzői jogok tiszteletben tartása mellett.**

Ugyanakkor kijelentem, hogy a TDK dolgozat **saját kutató munkám eredménye**, amelyet meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, és a szakdolgozatban csak a megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, amelyet szó szerint vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen a forrás megadásával megjelöltem.

.....

aláírás

Dunaújváros, 2011.10.11.