



SZENT ISTVÁN EGYETEM

Nehézfém terhelés hatása talaj-növény rendszerekben

Sárközi Edit

Gödöllő

2016

A doktori iskola

megnevezése: Kertészettudományi Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok

vezetője: Dr. Zámboriné Németh Éva
egyetemi tanár, DSc, MTA doktora
SZENT ISTVÁN EGYETEM,
Kertészettudományi Kar,
Gyógy- és Aromanövények Tanszék

Témavezető: †Dr. Tókei László egyetemi docens, CSc
SZENT ISTVÁN EGYETEM, Kertészettudományi Kar, Talajtan és
Vízgazdálkodás Tanszék

Dr. Bisztray György Dénes egyetemi tanár, PhD
SZENT ISTVÁN EGYETEM, Kertészettudományi Kar,
Szőlészeti és Borászati Intézet, Szőlészeti Tanszék

Dr. Kátai János egyetemi tanár, CSc,
DEBRECENI EGYETEM, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi
és Környezetgazdálkodási Kar, Agrokémiai és Talajtani Intézet

A jelölt a Szent István Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, ezért az értekezés védési eljárásra bocsátható.

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
Témavezető jóváhagyása

.....
Témavezető jóváhagyása

1. A munka előzményei, célkitűzés

A XX. század utolsó harmadától, hangsúlyosan az 1990-es évektől előtérbe került az egészséges táplálkozás fontossága, ezáltal a növények termesztésére és állatok tenyésztésére olyan formában is figyeltek, hogy a tömegtermelés mellett ellenőrzött minőségű vízzel és takarmánnyal gazdálkodjanak. A XXI. század elejétől kezdve ismét kulcsszerepet kapnak/fognak kapni a kistermelők és biogazdálkodások.

A környezeti elemekben, mint a levegőben, a vízben, a talajban, valamint a növényekben és az állatokban, és az emberben esetlegesen megtalálható és kimutatható szennyezőanyagok minőségi és mennyiségi vizsgálata viszonylag hosszú és költséges eljárások sorozata. Figyelembe véve a fent említett tényeket doktori kutatásom kezdetekor elsődleges célom az volt, hogy olyan talajvizsgálati módszert dolgozzak ki, amelyet akár a gazdálkodók is könnyen el tudnak sajátítani és egy egyszerű talajszelvény vizsgálattal hozzávetőlegesen meg tudják állapítani a talajuk ólom, réz és cink tartalmát. Az eljárással bármikor, akár évente többször, vagy egy nem várt esemény (szennyeződés, ipari baleset) után is ellenőrizhető lenne a talajok nehézfém-tartalma. A vizsgálatok során kiderült, hogy a módszer ugyan nagyon gyors és költséghatékony, de az eredmények nem tekinthetőek megbízhatónak. Az eljárás hatékonyságának vizsgálata mellett célom volt meghatározni a különböző hazai talajtípusok ólom-, réz- és cink adszorpciós képességét, valamint megfigyelni, hogy milyen hatása van a mezőgazdasági művelésnek a nehézfémek megkötődésére.

A talajszlopos kísérletek mellett hazánkban gyakran fogyasztott két növény (fejes saláta és szőlő) gyökerében és levelében vizsgáltam meg a nehézfém akkumulációt annak érdekében, hogy konkrét információt kapjak arról, milyen következményei lennének ezen növények szennyezett környezetben való termesztésének.

2. Anyag és módszer

Kísérleteimben négy, gyakran előforduló hazai talajtípust választottam mintaként. A Szent István Egyetem Soroksári Kísérleti Üzem és Tangazdaságából három talajminta származik (Ramann-féle barna erdőtalaj, típusos réti talaj és humuszos homok). Dunaújvárosból mészlepedékes csernozjomot, míg Gödöllőről agyagbemosódásos barna erdőtalajt gyűjtöttem be. A Munka Mezőgazdasági Kft., Tiszavasvári három művelt területén vettem talajmintát: öntés réti talajt, humuszos homokot és réti csernozjomot.

A mintaterületek kiválasztása úgy történt, hogy humuszos homok, öntés réti talaj és réti csernozjom művelt területről (Tiszavasvári) és művelés alatt nem álló területről (Kísérleti Üzem és Tangazdaság, valamint Dunaújváros) származzon. A barna erdőtalajnál is két mintaterületet választottam (Kísérleti Üzem és Tangazdaság, illetve Gödöllő), így összesen négy talajtípussal, azon belül nyolc mintával dolgoztam a vizsgálatok során.

A mintavételezést a MSZ-08-0202 alapján végeztem el. A szabványnak megfelelően 0-30 cm mélyről vettem az adott mintavételi területről pontmintákat, amelyekből átlagmintát készítettem. A minta-előkészítés a MSZ 21470-50 szerint történt. A talajmintákat szobahőmérsékleten tömegállandóságig szárítottam, majd szükség esetén daráltam, végül 2 mm-es pórúsátmérőjű szitán átszitáltam.

2.1. Talajfizikai vizsgálatok

A talajfizikai vizsgálatokat a MSZ-08 0205-78 szerint végeztem el. Meghatároztam a nyolc talajminta leiszapolható részét és Arany-féle kötöttségi számát, melyekkel a fizikai talajféleséget tudtam meghatározni.

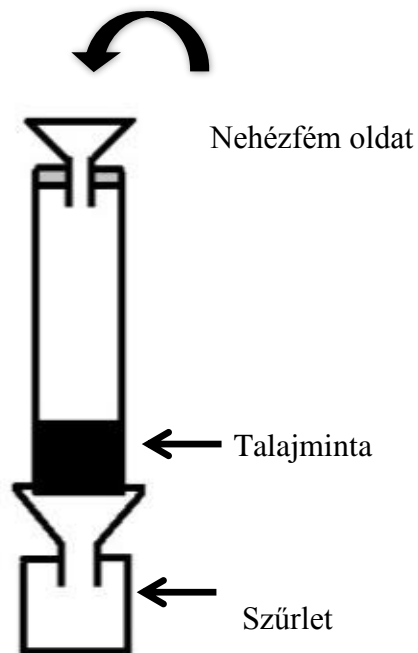
2.2. Talajkémiai vizsgálatok

A talajok kémiai tulajdonságainak meghatározásánál az 1978 óta hatályban lévő magyar szabványt vettem alapul (MSZ-08 0206/2-78). A vizsgálatok között a vizes és KCl-os pH, szénsavas mész, összes sótartalom meghatározása szerepel (Magyar Szabványügyi Testület 1978b), valamint meghatároztam a minták hidrolitos savanyúságát és a humusztartalmukat is.

2.3. Talajoszlopos szennyezés vizsgálatok

A kísérleteimben céloom volt, hogy laboratóriumi körülmények között meghatározzam különböző talajtípusok nehézfém adszorpciós képességét.

A talajszennyezési kísérletet módosított Mehlich-féle talajoszlop beállításával végeztem el (*1. ábra*).



1. ábra: Talajoszlop bemutatása (saját szerkesztés)

A talajoszlopot az alábbiak szerint készítettem el: egy üvegcsőnek (hossz: 45 cm, átmérő: 4,4 cm) a tetejére parafa dugót helyeztem, melynek a közepébe egy üvegtölcsért tettem. Alulról az üvegcsövet szitaszövettel bekötöttem, majd felülről beleöntöttem a tölcséren keresztül 50 g légszáras, darált, szitált (előkezelt) talajmintát. A talajoszlop alján szintén található egy üvegtölcsér, hogy a szűrlet egy üvegpohárba közvetlenül juthasson.

A nehézfém terheléses kísérleteket mind a nyolc talajmintával elvégeztem az általam kiválasztott három nehézfémre öt-öt koncentrációban. A szennyezéseket követően a felfogott szűrletek nehézfém tartalmát komplexometriásan meghatároztam. Az ismert koncentrációjú nehézfém oldatok és a szűrlet nehézfém koncentrációjának különbségéből kiszámítottam, hogy a különböző talajtípusok mennyire képesek

az ólmot, a rezet, illetve a cinket adszorbeálni. Ebben az esetben egy elméleti adszorpciós kapacitásról szerezhetünk információt. Azért, hogy pontos információt kapjak a különböző talajminták valós adszorpciós képességéről, Lakanen-Erviö kivonatokat készítettem az MSZ 20135:1999 szerint, majd atomabszorpciós spektrofotometriás (AAS) módszerrel visszamértem a talajminták nehézfém tartalmát az Országos Meteorológiai Szolgálat Marczell György Főobszervatóriumának laboratóriumában (Magyar Szabványügyi Testület 1999, Lakanen és Erviö 1971).

2.4.A fejes saláta (*Lactuca sativa L.*) nehézfém akkumuláló hatásának tanulmányozása tenyészedenyes kísérletben

A fejes saláta nehézfém akkumuláló hatásának megfigyeléséhez tenyészedenyeket alkalmaztam. Talajmintaként a tiszavasvári löszön kialakult réti csernozjom mintát használtam fel. Első lépésként a tenyészedenyeket (9x9x9,5 cm) 450-500 g bolygatott talajjal töltöttem fel, majd laboratóriumi körülmények között beállítottam a maximális vízkapacitást (VK_{max}), majd a minimális vízkapacitást (VK_{min}), ezzel biztosítva a talajminták (hibahatáron belüli) azonos nedvességi állapotát. A tenyészedenyekbe 60 napos tenyészidejű fejes saláta (Május királya) magokat vettem. A tenyészidő alatt szabad ég alatt tartottam a mintákat a Budai Campus K épületének tetején (2013. május-június). A kísérlet első 30 napjában csapvízzel öntöztem (tömegállandóságig), optimális fejlődési körülményeket előidézve. A 30. napon minden tenyészedenyben 1-1 növényt hagytam, majd az öntözővizet 3. táblázatban megfelelő, változó koncentrációjú ólom-, réz- és cink-oldatokkal szennyeztem.

A szennyezések koncentrációjának meghatározásához a 6/2009. (IV.14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendeletének B szennyezettségi határértékét vettem alapul. Három különböző koncentrációban szennyeztem a növényeket (1. táblázat).

1. táblázat: A kísérlet során használt szennyezési koncentrációk nehézfémeként

Nehézfém		Koncentráció (mg/kg)
Ólom	Határérték alatt	50
	Határértéken	100
	Határérték felett	150
Réz	Határérték alatt	37,5
	Határértéken	75
	Határérték felett	112,5
Cink	Határérték alatt	100
	Határértéken	200
	Határérték felett	300

A tenyésztés utolsó 30 napjában hetente egyszer öntöztem meg a növényeket 20-20 cm³ ólom-nitrát, réz-szulfát, valamint cink-szulfát-oldattal három ismétlésben. A kontroll mintákra az egész kísérleti periódus alatt csapvizet öntöttem. Így összesen 30 mintával dolgoztam.

A kísérlet végén a növényeket eltávolítottam és a tenyészedeények talajmintáit kiszárítottam, majd Lakanen-Erviö kivonatokat készítettem. A kivonatok ólom-, réz- és cink-tartalmát az Országos Meteorológiai Szolgálat Marcell György

Főobszervatóriumának laboratóriumában mértem le atomabszorpciós spektrofotométerrel.

Az eltávolított fejes salátákból mintát vettem mind a gyökérből és mind a levélből, amelyeket szárítószekrényben 105°C-on tömegállandóságig szárítottam. Mivel a szennyezés hatására nem fejlődtek megfelelően a növényminták mind a három nehézfém esetében, ezért a három ismétlés növényi részeit dörzsmozsárban homogenizáltam, így egy átlagértéket kaptam az akkumulálódó nehézfém tartalomról mind a gyökér, mind a levél részben a különböző szennyezettségi koncentrációkon. A homogenizálást követően roncsoltam a tíz mintát salétromsav/hidrogén-peroxid keverékével, majd a kivonatok ólom-, réz- és cink-tartalmát százszorosára hígítva atomabszorpciós spektrofotometriásan visszamértem az Országos Meteorológiai Szolgálatnál.

2.5.A szőlő (*Vitis vinifera* 'Fercal') akkumuláló hatásának vizsgálata tenyészedényes kísérletben

Szőlő kísérlet során a Fercal fajtájú bortermő szőlő nehézfém-akkumuláló hatását is vizsgáltam hasonlóan eljárva, mint a fejes salátánál. A kísérlet a Szent István Egyetem Budai Campus K épület tetején, déli kitétséggű oldalán zajlott.

A növények 2014 áprilisában kerültek kiültetésre perlit-talaj (50-50%) keverékébe (15 cm átmérőjű, 35 cm magas hengerek), amely esetén a talaj a Soroksári Kísérleti Üzem és Tangazdaságából származó Ramann-féle barna erdőtalaj minta volt. Ebben a közegben 60 napig voltak a Budai Campus K

épületének tetején (déli kitettségű oldalán), amíg a megfelelő fenológiai fázist el nem érték, mely idő alatt csapvizes öntözést kaptak a növények. Májusban átültetésre kerültek a Ramann-féle barna erdőtalajba. A nedvesség beállítását hasonlóan végeztem el, mint azt a fejes salátánál ismertettem.

A 60. napot követően kezdtem el heti három alkalommal szennyezni a mintákat különböző koncentrációjú nehézfém oldatokkal 30 napon keresztül. A szennyezők koncentrációi hasonlóan alakultak, mint a saláta kísérletnél (*1. táblázat*). Összesen 30 növényel dolgoztam: három ismétlésben, három különböző koncentrációban, három különböző nehézfémrel (27), illetve három kontroll mintával.

A kísérlet felszámolását követően a talajmintákat kiszárítottam, majd Lakanen-Erviö kivonatokat készítettem és meghatároztam az ólom-, réz- és cink-tartalmat az Országos Meteorológiai Szolgálatnál. A szőlőminták nehézfém tartalmának visszamérése során gyökér és levélmintákat vettem, amelyekből a salátához hasonló minta-előkészítési eljárással kivonatokat készítettem, majd atomabszorpciós spektrofotometriásan visszamértem a nehézfém tartalmukat.

3. Eredmények

3.1. Talajszlopos szennyezés eredményei

A 2. táblázat összefoglalja a talajvizsgálatok során kapott eredményeket, valamint azt, hogy melyik volt az a talajminta adott talajtípusnál, amelyik több nehézfémet tudott megkötni a szennyezéseket követően.

Az ólom szennyezés eredményeit figyelve a Ramann-féle barna erdőtalaj kötött meg a legkevesebb ólmot, majd a következő csoport tagja a soroksári humuszos homok. A mészlepedékes csernozjom és a tiszavasvári humuszos homok azonos mennyiségű ólmot tudott adszorbeálni, majd sorban ezeket követi a gödöllői agyagbemosódásos barna erdőtalaj. A Tangazdaságból származó típusos réti talaj és a réti csernozjom nagyjából azonos adszorpciós képességgel bírtak. A legnagyobb megkötődést a tiszavasvári öntés réti talajban tapasztaltam.

Mind a 8 mintát figyelembe véve elmondható, hogy a rézszennyezés esetében is, ugyan csak, mint az ólomnál, a legkevesebbet a soroksári Ramann-féle barna erdőtalajnál tapasztaltam. Ezt követi növekvő sorrendben hasonló adszorpciós értékekkel a réti csernozjom, az agyagbemosódásos barna erdőtalaj és a tiszavasvári humuszos homok. Külön csoportként kezelhető a soroksári humuszos homok, a típusos réti talaj és a mészlepedékes csernozjom. A legnagyobb réz megkötődéssel a tiszavasvári öntés réti talaj rendelkezik.

2. táblázat: A nehézfém szennyezés - összefoglaló táblázat

Főtípus	Talajminta	Művelt terület (x)	Főbb különbség a talajvizsgálat során	Visszamerést követően nagyobb adszorpciós kapacitás megállapítása		
				Ólom esetében (x)	Réz esetében (x)	Cink esetében (x)
Barna erdőtalaj	Agyagbemosódásos barna erdőtalaj (Gödöllő)	-	homok, gyengén savanyú, közepes humusztartalom	x	x	x
	Ramann-féle barna erdőtalaj (Soroksár)	-	homokos vályog, gyengén savanyú, kis humusztartalom	-	-	-
Csernozjom	Mészlepedékes csernozjom (Dunaújváros)	-	vályog, gyengén lúgos, közepes mésztartalom, nagy humusztartalom	-	x	x
	Csernozjom (Tiszavasvári)	x	vályog, savanyú/gyengén savanyú, közepes humusztartalom	x	-	-
Homok	Humuszos homok (Tiszavasvári)	x	homok, gyengén lúgos, gyengén meszes, kis humusztartalom	-	-	-
	Humuszos homok (Soroksár)	-	homok, gyengén lúgos, gyengén meszes, kis humusztartalom (másfélszer nagyobb a tiszavasvárihoz képest)	x	x	x
Réti talaj	Öntés réti talaj (Tiszavasvári)	x	vályog, savanyú / gyengén savanyú, nagy humusztartalom	x	x	~
	Típusos réti talaj (Soroksár)	-	agyagos vályog, gyengén lúgos, közepesen meszes, nagy humusztartalom	-	-	~

Cink szennyezés esetében elmondható, hogy a Ramann-féle barna erdőtalaj kötött a legkevesebb cinket 10, illetve 1 g/dm³ koncentrációjú szennyezés esetén, míg 5 g/dm³-nél a tiszavasvári humuszos homok cinkadszorpciós képessége a legkisebb. A legtöbb cinket a kísérlet során a legtöményebb szennyezés esetén a tiszavasvári öntés réti talaj kötötte meg, míg a közepső értéknél a mészlepedékes csernozjom, a legkisebbnél a tiszavasvári csernozjom.

3.2.A kísérleti növények nehézfém akkumuláló hatásának eredményei

Uka és munkatársai (2013) munkája alapján meg lehet határozni a következő értékeket:

- *biokoncentrációs faktor (BCF)*, ami a gyökérben és a talajban mért nehézfém koncentrációnak az aránya,
- *transzlokációs faktor (TF)*, ami a hajtásban és a gyökérben mért nehézfém tartalom aránya.

Ezen értékek ismeretében megállapítható, hogy az adott növény alkalmas-e fitoextrakcióra (a növény kivonja a nehézfémet a talajból) vagy fitostabilizációra (növény segítségével meggátolható, hogy szennyezett talajból a nehézfém a talajvízbe vagy levegőbe jusson): előbbi esetben a TF és BCF értékek nagyobb, mint 1 értéket mutatnak. Utóbbi esetben $BCF > 1$ és $TF < 1$ (Yoon et al. 2006).

Ezek az értékek kiegészíthetők egy úgynevezett „dúsítás faktor”-ral (*Enrichment Factor* = EF), mely a hajtás és a talaj

nehézfém tartalmának arányát mutatja. Hiperakkumuláló növények esetében az EF és a TF érték nagyobb, mint 1 (Ma et al. 2001). A *transzfer koefficiens* (TC = növényben és a talajban mért nehézfém-tartalom aránya) meghatározásával megmondható, hogy a növény az adott nehézfémet akkumulálja (TC > 1) vagy kizárja azt (TC < 1) (Uka et al. 2013).

A fejes saláta fitostabilizációra ólom szennyezés esetében a határérték feletti, a cink szennyezés esetében a határérték és a határérték feletti koncentrációknál alkalmas, míg fitoextrakcióra csak ólom esetében a határérték feletti szennyezés esetén javasolható. A transzfer koefficiens ismeretében kijelenthető, hogy a fejes saláta növény minta minden vizsgált koncentrációban akkumulálta az ólmot. A határérték és a határérték feletti koncentrációk esetében volt egy maximum érték, melynél többet nem volt képes felvenni. Továbbá megállapítható, hogy a koncentráció növekedésével az akkumulációra gátló hatást fejtett ki a növekvő nehézfém koncentráció, azaz a növény minta egyre nagyobb arányban „zárta ki” a rézet és a cinket szervezetéből. Ezek az eredmények fontosak mind a környezet- és mind az egészségvédelem szempontjából.

A szőlő minta hasonlóan viselkedett az ólommal szemben, mint a saláta – a koncentráció növelésével az akkumulációs képesség is nőtt. Környezet-egészségügyi szempontból pozitív, hogy a gyökér akkumulálta a több ólmot, mint sem a levél. Réz és cink esetében szintén telítődést figyeltem meg, viszont a réz nagy részét a gyökér akkumulálta jobban, míg a cink nagyobb hányada mind a három koncentrációban a levélben akkumulálódott.

Kutatásaim alapján kijelenthető, hogy a szőlő növény nem alkalmas ólom és cink fitostabilizációjára és fitoextrakciójára sem, míg réz esetében fitoextrakcióra igen. Ólommal és cinkkel szemben nem hiperakkumuláló, míg rézzel szemben igen. A transzfer koefficiens a szennyezések során hasonló értékeket vett fel, így elmondható, hogy ugyan akkumulálta az ólmot, de nem volt képes a szennyezés koncentrációjának növelésével egyre több ólmot felvenni. Megállapítható a transzfer koefficiens érték szerint a rezet és a cinket minden esetben akkumulálta, de a koncentráció növelésével a TC érték csökkent, azaz az akkumulációt gátló hatás fokozódott.

4. Új tudományos eredmények

1. Összehasonlítottam az elméleti és valódi adszorpciós eredményeket és megállapítottam, hogy a komplexometriás titrálások nem tekinthetők megbízhatónak az ólom, a réz és a cink adszorpciós képesség meghatározására a vizsgált talajok esetében.
2. Új tudományos eredményként megállapítottam, hogy az ólom adszorpciós képességét a csernozjomok és réti talajok esetében a humusztartalom mellett kémhatás is befolyásolja.
3. A csernozjom talaj esetében az agyagtartalom mellett a humusztartalom is döntő jelentőséggel bír a réz megkötődésében.
4. A cink adszorpciós képességét a vizsgált réti talajok és a csernozjomok esetében a humusztartalom is befolyásolja.
5. A réti talajminták esetében az ólom, a réz és a cink adszorpciót befolyásoló tényező volt a mezőgazdasági művelés, míg a csernozjom és a humuszos homok esetében nem volt kimutatható hatással a megkötődésre.
6. A szennyezés koncentrációjának növekedésével növekszik az ólom akkumulációs kapacitása a fejes saláta és a szőlő levelében, míg a cink és a réz akkumulációs kapacitása telítési görbe jellegű.
7. A fejes saláta ólom esetében fitoextrakcióra és fitostabilizációra csak a határérték feletti szennyezés

esetén alkalmazható, míg cink esetében határérték és a feletti koncentrációknál fitostabilizációra alkalmas, míg a szőlő réz esetében határérték alatti szennyezés esetén alkalmas fitoextrakcióra, valamint rézre nézve hiperakkumuláló.

8. A fejes saláta a réz és cink koncentrációjának növelésével egyre jobban kizárja azok felvehetőségét, azaz csökkenő akkumulációs képességet mutat, amely környezet-egészségügyi szempontból kedvező, míg szőlő esetében az ólmot, a rezet és a cinket minden esetben akkumulálta, de a koncentráció növelésével nem volt képes többet felvenni, egyre inkább kizárta azokat.

5. Következtetések és javaslatok

Az eredményeket figyelembe véve készítettem egy összefoglaló táblázatot (3. táblázat) arról, hogy a három nehézfém esetében az általam vizsgált különböző talajtípusoknál melyik az a talajtulajdonság, ami befolyásolta az adszorpciót.

3. táblázat: Összefoglaló táblázat a nehézfémeket befolyásoló talajtulajdonságokról az általam használt talajminták esetében

Főtípus \ Nehézfém	Ólom	Réz	Cink
Barna erdőtalaj	humusz	humusz	humusz
Csernozjom	pH	agyag és humusz	pH és humusz
Váztalaj	humusz	humusz	humusz
Réti talaj	pH és humusz	pH és humusz	humusz

Megállapítottam, hogy a barna erdőtalajnál és váztalajnál a humusz, a csernozjomnál a kémhatás, a humusz és az agyagtartalom befolyásolja az ólom/réz/cink megkötését, míg réti talaj mintáim esetében a kémhatás és a humusz játszott szerepet az adszorpcióban. Új tudományos eredményként kezelendő a csernozjom és a réti talajok esetében a kémhatás szerepe az ólom megkötődésében, a csernozjom talajok esetében a humusztartalom szerepe réz adszorpciónál, valamint a réti és csernozjom talajok cink megkötődésénél befolyásoló tényező a humusztartalom is. A korábbi és új eredmények felhasználhatóak bármilyen ólom/réz/cink szennyezés esetén, ahol szükséges valamilyen

beavatkozás. Ha kis területű a szennyezés és nem veszélyezteti a környező populációkat, akkor egy adott talaj (ha hasonló talajtulajdonságokkal bír, mint az általam használtak) ólom/réz/cink tartalma csökkenthető akár egy kémhatás változtatással (meszezés vagy műtrágyázás – attól függ, milyen irányba kell), akár humuszbevitellel, ezáltal csökkenthető annak az esélye, hogy az említett nehézfémek távolabbra is eljussanak (pl. talajvíz) vagy esetlegesen növények akkumulálják.

A saláta növényi részeit vizsgálva elmondható, hogy mind a három nehézfém esetében a gyökér kevesebb nehézfémet tudott akkumulálni, mint a levélminták. Ez környezet-egészségügyi szempontból fontos, hiszen a fejes saláta levél részét fogyasztják az élőlények. A szőlő növényi részeit vizsgálva elmondható, hogy ólom és cink esetében a levélminta akkumulálta a legtöbb nehézfémek, míg a réz esetében ez a gyökérmintára igaz.

6. Irodalomjegyzék

1. 6/2009. (IV.14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet a földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről.
2. Magyar Szabványügyi Testület. 1978b. A talajok egyes kémiai tulajdonságainak vizsgálata. Budapest. MSZH Kiadói Főosztály.
3. Magyar Szabványügyi Testület. 1999. A talaj oldható tápelemtartalmának meghatározása. Budapest. Magyar Szabványügyi Testület.
4. Lakanen E. és Erviö R. 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. Acta Agralia Fennica. 123. 223-232.
5. Uka U.N., Chukwuka K.S. és Afoke C. 2013. Heavy metal accumulation by *Telfairia occidentalis* Hook f. grown on waste dumpsites in South-eastern Nigeria. Research Journal of Environmental Toxicology. 7. 1. 47-53.
6. Yoon J., Cao X., Zhou W. és Ma L.Q. 2006. Accumulation of Pb, Cu, Zn in native plants growing on contaminated Florida site. Science Total Environment. 368. 456-464.
7. Ma L.Q., Komar K.M., Tu C., Zhang W., Cai Y. és Kennelley E.D. 2001. A fern that hyperaccumulates arsenic. Nature. 409. 579.

7. Az értekezés témaköréhez kapcsolódó publikációk

Impakt faktoros folyóiratcikkek

Turcsán A, Steppe K, **Sárközi E**, Erdélyi É, Missoorten M, Mees G and Mijnsbrugge KV. Early Summer Drought Stress During the First Growing Year Stimulates Extra Shoot Growth in Oak Seedlings (*Quercus petraea*). *Frontiers in Plant Science*. 2016, 7. 193. IF: 3,9

Lektorált folyóiratban (MTA listás) megjelent közlemények

Sárközi E, Kardos L, Sepsi P, Ladányi M, Tókei L. Methodological development in determination of copper content in the root zone of Hungarian soil types: preliminary results. *Eur. Chem. Bull.* 2012, 1(10), 418-421.

Sárközi E, Kardos L, Sepsi P, Varga Zs, Bisztray Gy, Kátai J. Ólomadszorpció-képesség vizsgálata egy csernozjom talajban és *Lacutca sativa* L. akkumuláló hatásának tanulmányozása tenyésztedényes kísérletben. *Agrártudományi közlemények*. 2014, 56, 101-104.

Konferencia proceeding közlemények

Angyal Zs, **Sárközi E**, Székely D, Kardos L. Játszótéri homokozók nehézfém tartalmának vizsgálata Budapest XI. kerületében. VIII. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia. Veszprém. 2012. április 18-21. 218-223. ISBN 978-963-86627-2-9

Sárközi E, Kardos L, Sepsi P, Ladányi M, Tókei L. Preliminary results of methodological development in the determining of

lead content in the root zone of Hungarian soil types. 18th International Talent Management Student Conference on Environmental Protection and Rural Development. Szolnok. 2012. szeptember 28-29. ISBN 978-963-89339-7-3 (cd-kiadvány)

Konferencia összefoglalók („abstract”)

Sárközi E, Kardos L, Sepsi P, Bisztray Gy, Kátay J. Hazai talajtípusok réz- és ólom adszorpciós képességének meghatározása talajoszlopokon. II. Interdiszciplináris Doktorandusz Konferencia. Pécs. 2013. május 15-17.

Hermán A, **Sárközi E**, Kardos L, Sepsi P, Erőss A, Bisztray Gy, Kátay J. Rézadszorpció-képesség vizsgálata egy csernozjom talajban és a *Lactuca Sativa* L. akkumuláló hatásának tanulmányozása tenyésztedényes kísérletekben. 21st International Student Conference on Environmental Protection and Rural Development. Szolnok. 2015. május 29-30. 23. (abstract kötet)