



DEBRECENI EGYETEM  
AGRÁRTUDOMÁNYI CENTRUM  
MEZŐGAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR

**ÉLELMISZERTUDOMÁNYI, MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSI  
ÉS MIKROBIOLÓGIAI INTÉZET**

**NÖVÉNYTERMESZTÉSI ÉS KERTÉSZETI  
TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA**

*Doktori iskola vezető:*

**Dr. Győri Zoltán**

egyetemi tanár, MTA doktora

*Témavezetők:*

**Dr. Győri Zoltán**

egyetemi tanár, MTA doktora

és

**Dr. Kovács Béla**

egyetemi docens

**„DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEP”**

**Szelénvegyületek átalakulásának vizsgálata tartamkísérletből  
származó talaj- és növénymintákban**

*Készítette:*

**Széles Éva**

*doktorjelölt*

DEBRECEN  
2007

## 1. Bevezetés és témafelvetés

Mára a szelén egyike lett a leginkább tanulmányozott mikroelemeknek, mivel számos élettani folyamatban bizonyították fontos szerepét. Közvetlen vagy közvetett módon, de a szelénhiány számos betegség kialakulásában vagy kórképének súlyosbodásában játszhat szerepet, mint a különféle ráktípusok, valamint szív- és érrendszeri betegségek. Emellett olyan betegségek esetén is kimutattak összefüggést a szelénhiánnyal, mint pl. a Down-szindróma, Alzheimer-kór, vagy az AIDS.

Napjainkban általában inkább a szelénhiány okozta betegségek vizsgálatával, ezzel együtt pedig a hiány csökkentésével, a szelénpótlás lehetőségeivel kapcsolatos kutatásokat folytatnak, mivel Európa talajainak egy része (Anglia, Finnország és a Kárpát-medence) valamint a világ számos más területe szelénben hiányos, vagyis az ezeken a területeken élő lakosság (így hazánk lakói is) szelénben hiányosan táplálkozik, ami komoly egészségügyi kockázatot jelent.

Emellett azonban szintén egészségügyi kockázatot jelenthet a szelénszennyezés is. A különböző ipari tevékenységek, és egyes bányászatok körzetében a talajok, valamint a környező vízi világ igen erőteljesen elszennyeződhet szelénrel. Az ilyen területek felkutatása, vizsgálata és regenerálása (a szennyezés megszüntetése, a talaj és az élővilág eredeti állapotának visszaállítása) szintén igen komoly feladat a kutatók számára, hiszen egy nagymérvű környezeti terhelés az emberi táplálkozásra, s így egészségünkre is kihat. A szelén ugyanis egyike azoknak az elemeknek, amelyek nagyon szűk toleranciatartománnyal jellemezhetők, azaz a szervezet számára szükséges és toxikus Se mennyiség nagyon közel esik egymáshoz.

A megfelelő szeléntartalmú táplálkozás elérése érdekében már több helyen bevezették a Se-tartalmú műtrágyázást. Valójában azonban még nem tisztázott, hogy a műtrágyázás hatásaként a különféle növények hogyan képesek hasznosítani és továbbadni a számunkra nélkülözhetetlen szelént. Fontos vizsgálnunk, hogy a szelén pótlása az állatok, ill. az ember számára milyen formában történhet a talajra kijuttatott szelén-tartalmú vegyületek esetében. Mekkora mennyiségben szükséges adagolásuk, és a talajban, növényekben az adott szelén vegyületek milyen átalakulási folyamatokon mennek keresztül, milyen formákban kerülnek be az élő szervezetbe, s azokra milyen hatással vannak.

Lényeges, hogy a szennyezés szempontjából is vizsgáljuk a környezet szelénterhelését, vagyis az elemzéseknek ki kell terjedniük a kijuttatott mennyiségekre is. Fontos, hogy mindenképpen megvizsgáljuk a talajba juttatott szelénvegyületek átalakulását és mozgását is.

A vizsgálatok során tehát nem csupán az összes szelén-tartalom meghatározása a fontos, hanem azt is vizsgálni kell, hogy a szelén milyen formákban van jelen a talajban és a növényekben. Csak így kaphatunk teljes képet a szelén talajban való mozgásáról, a növényi felvételtől és arról, hogy mely szelénvegyületek hasznosak, ill. toxikusak az élő szervezetek számára.

Hazánkban Dr. Kádár Imre, a Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetének (MTA TAKI) professzora a szennyezések vizsgálatára állított be egy nehézfémterheléses kísérletet, amelyben szelénese kezelést is alkalmazott. A tartamkísérletben, különböző dózisban juttattak ki kísérleti parcellákra toxikus nehézfémeket, valamint szelén- és arzénsókat. A szelént, szelenit ( $\text{Se(IV)}$ ,  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ) só formájában alkalmazták. A kísérlet során vizsgálták ezen elemeknek a szántóföldi növényekre, valamint a talajéletre gyakorolt hatását. A szabadföldi kísérletet 1991 tavaszán állították be a TAKI, nagyhorcsöki Kísérleti telepén, mészlepedékes csernozjom talajon.

A kísérletben azt tapasztalták, hogy a szelén toxicitása a kezdeti években nőtt, majd 10 év elteltével a növényekre gyakorolt toxikus hatás csökkent. Ez a tapasztalat arra utal, hogy a szelenit más formákká alakulva lemosódott a talaj mélyebb rétegei felé, ezáltal csökkent a feltalaj toxicitása a növényekre nézve.

A nagyhorcsöki szabadföldi kísérlet a világon egyedülálló, így nagyon sok egyedi, s egyúttal hasznos információt szolgáltat az egyes elemek viselkedésére a talajban. A trágyázás során alkalmazott sókat igen nagy dózisban juttatták ki, a kapott eredmények világos képet adnak az adott elem viselkedéséről a talajban, ill. a növényekben, mivel a nagy koncentrációk miatt a hatások és változások jól nyomonkövethetők. Ezt felhasználva doktori munkámban feldolgoztam a Kádár Imre Professzor Úr által rendelkezésünkre bocsátott mintaanyagot, majd a kapott eredményeket összegezve, s összehasonlítva olyan következtetéseket kívántam levonni, amelyek megválaszolhatnak bizonyos kérdéseket, pl. a szeléntrágyázás, szelén-hiány kezelése, a szelénnek talajban történő megkötődése és mozgása, valamint a nagy koncentrációjú szelén-szennyezés kezelésének tárgykörében.

## 2. Anyag és módszer

### 2.1. Felhasznált minták

Vizsgálataimhoz a mintaanyagot Prof. Dr. Kádár Imre biztosította az MTA TAKI Nagyhorcsöki Kísérleti Telepéről. A felhasznált minták talaj és a területeken termesztett növényminták voltak. A minták a talajok esetében az 1991, 1992, 1994, 1997 és a 2000-es évből származtak. Mélységi minták a 2000-es évből vannak, 3 m mélységig. A növényminták esetén a minták szintén az 1991, 1992, 1994, 1997 és 2000 évekből származnak. A növényfajták és részek rendre a következők voltak: kukorica (szár), sárgarépa (gyökér), borsó (szár), őszi búza (szalma+pelyva), valamint őszi árpa (szalma+pelyva). A növények esetében rendelkezésemre állt 1996-os évből is minta (spenót, szár és levél is, külön), amely mintákban tudtam vizsgálni a növény egyes részeiben is a szelénformákat, s összevettem azok mennyiségét.

A vizsgált talajtípus mészlepedékes csernozjom (tulajdonságai:  $\text{pH}_{\text{KCl}}$ : 7,1-7,4, agyagos textúra, agyag+iszap-tartalom: 75-85%; humusz: 3-3,5%;  $\text{CaCO}_3$  ekvivalens %: 3-5%; CEC: 30-32  $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ;  $\text{K}_A$ : 44), talajképző kőzete 15-20 m vastagságú lösz.

Mintavétel évente történik parcellánként 20-20 pontminta egyesítésével a felső szántott rétegből. Mélyfúrásokat 3-5 évente végeznek 3, illetve 6 m mélységig. A mintavételt követően a talajokat szárítják (40 °C), majd homogenizálják (darálás < 0,1 mm).

A növényeknél a mintavételnél a külső sorokat elhagyják az esetleges parcellák közötti átszennyeződés miatt. A mintavételt követően a növényeket megtisztítják a lehetséges szennyeződésektől (mint pl. talajjal való szennyezettség), majd szintén szárítják (40 °C), és darálással homogenizálják azokat.

### 2.2. Teljes szeléntartalom és a minták összes elemtartalmának meghatározására végzett mintaelőkészítés

A vizsgált minták teljes szeléntartalmának valamint összes elemtartalmának meghatározásához légköri nyomáson végzett, nedves roncsolásos mintaelőkészítést alkalmaztam. A mintákból 1 g-nyi mennyiséget mértem be roncsolócsövekbe (25x420 mm, 50  $\text{cm}^3$ -re és 100  $\text{cm}^3$ -re kalibrált, hőálló kvarccsövek, Magyarország), majd a talajminták esetén 5, növényminták esetén, pedig 10 ml cc.  $\text{HNO}_3$ -at (65 m/m%, Scharlau Chemie, Spanyolország) adtam hozzá. Ezt követően a mintákat a savval együtt egy éjszakán át állni hagytam. A következő napon a mintákat a blokkroncsoló készülék fűtőegységébe (Labor

MIM OE 718/A, Magyarország) helyeztem, majd a talajok esetén 1 órán át, a növények esetén, pedig 30 percen keresztül végeztem az előroncsolást, 60 °C-on. Az előroncsolást követően a talajok esetén 5, növények esetén 3 ml cc. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-ot (30 m/m%, Merck, Németország) adtam a mintákhoz. A peroxid elreagálását követően megkezdtem a főroncsolást, amely 120 °C-on történt, a talajok esetében 4 órán át, a növények esetében, pedig 90 percig. A főroncsolást követően a mintákat ioncserélt vízzel (18 MΩ cm, Millipore Corporation, USA, oszlop: Quantum<sup>TM</sup>, EX Milli-Q) 50 ml-re jelre töltöttem és szűrtem MN 619 G1/4 típusú szűrőpapíron (Macherey-Nagel, Németország) keresztül.

Mindegyik minta vizsgálatánál roncsolási vakpróbát is készítettem az eljárás során a mintákba esetlegesen bekerült szennyezések figyelembevételére.

### **2.3. A szelén speciációs analitikai vizsgálatához végzett mintaelőkészítés**

Mind a talaj, mind, pedig a növéyminták esetén a szelénformák vizsgálatához a Magyar Szabványban előírt 1:10 arányú, hideg vizes kivonatokat készítését vettem alapul. Ezt megelőzően azonban megvizsgáltam a rázadási arányok (1:5, 1:20), a rázás ideje (2, 4, 24 óra), az ultrahangos fürdő és a forró vizes kivonatok alkalmazásának hatékonyságát is, illetve hatásukat az egyes szelénkomponensek kinyerésére.

Az előkísérleteket követően, végül optimális mintaelőkészítési eljárásként a következőket találtam: a talaj- és a növéymintákból egyaránt 0,5 g-nyi, elporított és megfelelően homogenizált mintát mértem be műanyag kémcsövekbe (15 ml-es, PP, Magyarország), majd talaj esetén 5 ml, növények esetén pedig 10 ml hideg (25 °C) ioncserélt vizet adtam hozzájuk (1:10 és 1:20 arány). Ezt követően ultrahangos fürdőbe (HF-frekvencia: 35 kHz, Bandelin Electronic, Sonorex Super RK 103H, Németország) helyeztem a kémcsöveket, majd 10 percen át ultrahangoztam a mintákat. Ezután a fürdőből kivéve a mintákat, 2 órán átállni hagytam időnkénti összerázással. A 2 óra elteltével a mintákat, összerázást követően MN 619 G1/4 típusú szűrőpapíron (Macherey-Nagel, Németország) keresztül szűrtem. A szűrletek 1 ml-ét használtam fel a vizsgálatokhoz. Az ultrahangot is alkalmazó, 2 órás, vizes kivonatok alkalmazása ugyanolyan hatékony, de gyorsabb és könnyebben kezelhető mintaelőkészítést tett lehetővé, mint a szabványban leírt 24 órás normál rázás.

A növények vizes extrakciójánál a növényi száraz tömeg nagy térfogata miatt 5 ml víz helyett 10 ml vizet kellett alkalmaznom.

## 2.4. A minták összes elemtartalmának meghatározásához alkalmazott készülék, mérési paraméterek és standard anyagok

A  $\text{HNO}_3$ -as,  $\text{H}_2\text{O}_2$ -os nedves roncsolással feltárt talaj- és növényminták összes elemtartalmát egy Perkin Elmer Ltd. gyártmányú, Optima 3300 DV típusú, ICP-OES (induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométer) készülékkel határoztam meg (USA). A készülék beállításai és adatai, valamint a mérési paraméterek az alábbi táblázatokban láthatóak:

1. táblázat: Az induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométer paraméterei

| ICP-OES készülék                 |                                          |
|----------------------------------|------------------------------------------|
| Típus                            | Optima 3300 DV                           |
| Gyártó                           | Perkin-Elmer Ltd.                        |
| Optikai rendszer                 | Echelle-rendszerű, argon gázzal öblített |
| Hullámhossz tartomány            | 160-782 nm                               |
| RF generátor                     | 40 MHz                                   |
| Detektor                         | szilárdtest áramkör detektálás, SCD      |
| Plazma megfigyelés               | axiális                                  |
| Porlasztó típusa                 | koncentrikus (Meinhard Type A)           |
| A perisztaltikus pumpacső típusa | fekete-fekete                            |
| Az optikai rendszer felbontása   | normal                                   |
| Feloldóképesség                  | 0,007 nm                                 |

2. táblázat: Az ICP-OES berendezés adatai

| Az ICP-OES berendezés          |                                      |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| változtatható paraméterei      | értékei                              |
| Kicsatolt teljesítmény         | 1300 W                               |
| Porlasztógáz áramlási sebesség | $0,95 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$ |
| Hűtőgáz áramlási sebesség      | $15 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$   |
| Segédgáz áramlási sebesség     | $1,0 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$  |
| Mintabetáplálás sebessége      | $1 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$    |

A készülék vezérlőszoftvere: Perkin Elmer ICP Winlab<sup>TM</sup> (Instrument Control Software, 1997), 1.42 verzió. Az adatok kiértékelése Microsoft Office Excel, 2003 programban történt egy általunk írt makro segítségével.

## 2.5. A vizes kivonatok összes felvehető és a roncsolatok teljes szeléntartalmának meghatározása ICP-MS (induktív csatolású plazma tömegspektrométer) technikával

A növényi és a talajmintákban az összes szeléntartalmat egy Thermo Elemental (ma Thermo Fisher Scientific, Németország) gyártmányú, X series típusú (Anglia) ICP-MS készülékkel határoztam meg. A készülék vezérlőszoftvere: Plasmalab típusú, 2.3.0., 161 verziós számú szoftver. A mérési paraméterek az alábbi táblázatban találhatóak meg:

3. táblázat: Az ICP-MS készülék beállítási és mérési paraméterei

|                                                                                 |                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Rf kicsatolt teljesítmény                                                       | 1400 W                                                                 |
| Plazmagáz áramlási sebesség                                                     | 14 l min <sup>-1</sup>                                                 |
| Porlasztógáz áramlási sebesség                                                  | 0,8 l min <sup>-1</sup>                                                |
| Segédgáz áramlási sebesség                                                      | 0,95 l min <sup>-1</sup>                                               |
| Minta áramlási sebesség                                                         | 1 l min <sup>-1</sup>                                                  |
| Pole Bias*                                                                      | - 3,1 V                                                                |
| Hexapole Bias*                                                                  | 4,5 V                                                                  |
| Extraction*                                                                     | -118 V                                                                 |
| Fókusz                                                                          | 3 V                                                                    |
| Analóg detektor                                                                 | 2500 V                                                                 |
| PC detektor                                                                     | 3850 V                                                                 |
| CCT gáz (H <sub>2</sub> :He) áramlási sebesség<br>(7 % H <sub>2</sub> + 93% He) | 5,9 ml min <sup>-1</sup>                                               |
| Integrációs idő                                                                 | 0,1 s                                                                  |
| Stabilizációs idő                                                               | 35 s                                                                   |
| Vizsgált szelén izotópok                                                        | <sup>77</sup> Se, <sup>78</sup> Se, <sup>80</sup> Se, <sup>82</sup> Se |
| Mintaszállító pumpacső átmérője<br>(fehér/fehér) (Anachem Ltd., Anglia)         | 1,02 mm                                                                |

A \*-al jelölt kifejezéseknek nincs magyar megfelelője

A méréseknél fellépő zavaróhatások (poliatomos adduktumok) eliminálására ütközési cellát (collision cell technology, CCT) alkalmaztam.

A kalibrációhoz szükséges standardoldatokat 1000 mg l<sup>-1</sup> koncentrációjú, monoelemes, atomabszorpciós, savas szelén standardoldatból (SeO<sub>2</sub>, 0,5 M HNO<sub>3</sub>-tartalommal, Fluka Chemie, Svédország) készítettem a következő koncentrációkban, 2 %-os HNO<sub>3</sub>-as savtartalommal: 0,1; 1; 10; 100 µg l<sup>-1</sup>. A mintákból ioncserélt vízzel szintén 2 %-os savtartalmú hígításokat készítettem.

## **2.6. Szelénformák meghatározása IC-ICP-MS (ionkromatográf-induktív csatolású plazma-tömeg spektrometria) technikával; a mérés körülményei, standard anyagok és oldatok**

A szelénformák meghatározását egy IC-ICP-MS csatoláson keresztül végeztem. Az ICP-MS technikát HPLC technikával csatoltam össze, amelyben a fő egység egy IC-AN1 típusú (100 mm x 4,6 mm x 12 $\mu$ m, Polyspher, Merck, Németország) szerves polimer alapú (hidrofil polimetakrilát-típusú gélen kötött kvaternen ammonium csoportok), anioncserélő oszlop volt (IC).

A csatolást műanyag perisztaltikus pumpacső segítségével végeztem (65 cm hosszú, 0,38 mm belső átmérőjű), amely végén az oszlopról lejöő oldatot, egy teflon csövön keresztül vezettem be az ICP-MS készülék porlasztójába.

A szelénformák elválasztásához alkalmazott HPLC (nagynyomású folyadékkromatográfia) pumpa egy Merck Hitachi gyártmányú, L-6200A Intelligent Pump típusú készülék volt (alkalmazott áramlási sebesség: 1 ml perc<sup>-1</sup>, nyomás: 30 bar). A mintainjektáló csap egy Rheodyne (Kalifornia, USA) gyártmányú 4 állású injektor. A mintainjektáló hurok általam készített, 100  $\mu$ l-es PEEK csőből készült (külső átmérő: 1,56 mm, belső átmérő: 0,5 mm, Alltech, USA).

Anioncserélő oszlop alkalmazásával az anionos szelénkomponensek (szervetlen vegyületek) elválasztása valósítható meg.

Az alkalmazott ICP-MS készülék, a vezérlőszoftver, valamint a mérési paraméterek megegyeznek az összes szeléntartalom meghatározásánál leírtakkal (2.5. fejezet).

Az eredmények feldolgozása Windows NT Office Excel 2002 programjában történt. A kapott beütésszámokat grafikonon ábrázoltam.

A mérésekhez az alábbi, szelénre számítva 1000 mg l<sup>-1</sup> (Se-metionin esetén 100 mg l<sup>-1</sup>) koncentrációjú törzsoldatokat használtam fel: L-szelén-cisztin (SeCys<sub>2</sub>; Fluka Chemie, Svájc); szelén-DL-metionin (SeMet; 99%+, Fluka Chemie, Svájc), Se(IV) (Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>·5H<sub>2</sub>O-ként; 99%; Sigma-Aldrich, Svájc), valamint Se(VI) (Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>-ként; 98%; Aldrich Chemical Company, WI, USA). Mindegyik standard vegyületet ionmentes vízben oldottam fel. A mérések kalibrálásához használt standard oldatok (koncentrációjuk: Se-re számítva 100  $\mu$ g l<sup>-1</sup>) naponta, frissen készültek.

A szelénkomponensek oszlopon történő elválasztásához ftálsav:TRIS puffer oldatot alkalmaztam, amelyet 0,171 g TRIS (Tris(hydroxymethyl)aminomethane, Sigma-Aldrich, Svájc) és 0,249 g ftálsav (Fluka Chemie, Svájc) összemérésével készítettem. A szilárd sókat 1 l ioncserélt vízben oldottam fel, majd az oldatot negyedórán keresztül ultrahangoztam (HF-



frekvencia: 35 kHz, Bandelin Electronic, Sonorex Super RK 103H, Németország), végül szűrőpapíron leszűrtem. Az IC-ICP-MS csatolt rendszer a 1. képen látható.



*1. kép: IC-ICP-MS rendszer*

## **2.7. Adszorpció izotermák mérése**

Az adszorpció izotermák vizsgálatához a nagyhörcsöki csernozjom talaj kontroll, azaz kezeletlen, 0-20 cm-es feltalaját használtam. A kísérlet során a talaj 1,5 g-jához adtam különböző (Se-re számolt) koncentrációjú szelenit és szelenát ioncserélt vizes oldatok 15 ml-ét. Ezt követően a mintákat rázógépből (Sklárny, Avalier, Csehország) 2 órán át rázattam, majd MN 619 G1/4 típusú szűrőpapíron (Macherey-Nagel, Németország) szűrtem, és a szűrletek koncentrációját mértem ICP-MS készülékkel.

## **2.8. A stabilitási kísérlet**

Ehhez a kísérlethez is a nagyhörcsökről származó kontroll talajmintát használtam. A talajmintából 200 g-ot mértem ki, majd a mintához az Arany-féle kötöttséggel meghatározott mennyiségű nedvesítő víz 75%-ának megfelelő mennyiségű (66 ml) szelenit oldatot adtam (az oldatkészítéshez szükséges Na-szelenit pontos jellemzését lásd a 4.6. fejezetben). Az oldat a szelenitet szelénre nézve  $10 \text{ mg l}^{-1}$  mennyiségben tartalmazta. A szelenit-oldattal a talajt átnedvesítettem és összekevertem, majd a talajmintákat  $40^\circ\text{C}$ -on, szárítószekrényben (Labormim, Magyarország) szárítottam 24 órán keresztül. Ezt követően a talajokat ledaráltam (Retsch, Németország), és homogenizáltam (GAWLIK et al., European Commission, 200X).

A kezelt mintákból véletlenszerűen vettem 2\*5-5 pontmintát, majd a minták savas roncsolatainak és vizes kivonatainak mérésével ellenőriztem a minták homogenitását.

A kezelt talajokból 0,5 g-nyi mennyiségeket mértem be műanyag kémcsövekbe. A stabilitási kísérletet 3 különböző hőfokon (-20 °C, 4 °C és 25 °C), valamint 3 ismétlésben végeztem. Az 5 hónap elteltével a mintákat egyszerre elemeztem IC-ICP-MS csatolt rendszerrel (speciációs mérések) a 2.6. fejezetben leírtak szerint. Így vizsgáltam, hogy történt-e átalakulás a mintákban laboratóriumi tárolási körülmények között.

### **3. Eredmények és főbb következtetések**

#### **3.1. Szelén-speciációs vizsgálatok kidolgozása; szelénformák azonosítása standardanyagok csúcsai alapján**

A speciációs analitikai mérések megkezdése előtt vizsgáltam a későbbi mintacsúcsok azonosításához szükséges standardanyagok egyedi csúcsait. A kapott kromatogramokból megállapítottam az egyes szelénkomponensek retenciós idejét és csúcsmagasságát, amelyekből később beazonosíthattam a talaj és a növényminták mérésénél kapott csúcsokat. A mérések megkezdése előtt a szerves szelénkomponensek anioncserés elválasztásának vizsgálata céljából több szerves komponens (szelén-metionin, szelén-cisztin) csúcsát is felvettem. A vizsgálatok azt mutatták, hogy anioncserélő oszlopon, az alkalmazott puffer (pH = 3,85) esetében, várt módon, a szerves komponensek nem válnak szét, azaz a SeMet és SeCys azonos retenciós idővel érkeztek le az oszloptól. Így a továbbiakban a SeMet standard retenciós idejénél érkező komponenst csak „szerves szelén-komponenseknek”, illetve „szerves Se-formáknak” nevezem.

Vizsgálataim elsősorban a szelenit és szelenát átalakulásra irányultak, mivel a talajban ez az átalakulás játszik fő szerepet. A talajok esetében csak ez a két forma volt számomra érdekes, a növények esetében pedig csak az volt kérdés, hogy a szelenit vagy szelenát formát veszik és alakítják-e át a növények könnyebben, illetve, hogy ezekből mennyi van jelen a növényekben a szerves formák mellett. A szerves formák elválasztása jelen dolgozat elkészítésénél nem volt cél.

### 3.2. A nagyhőrcsöki szabadföldi kísérletből származó talajminták vizsgálata

#### 3.2.1. A talajok speciációs vizsgálata

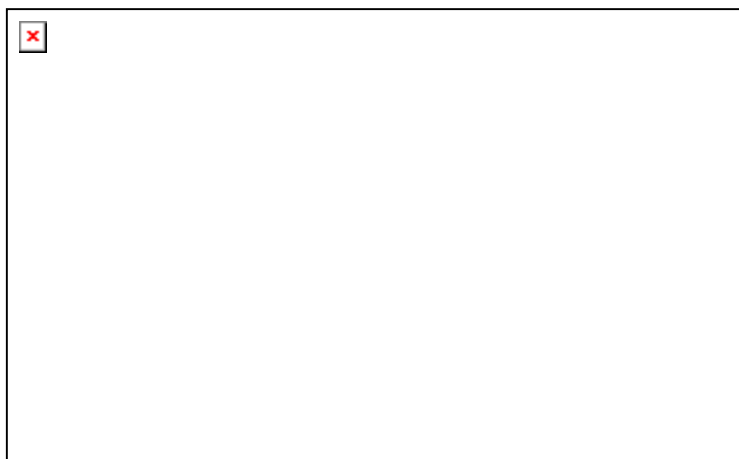
A roncsolt kontroll talajminta vizsgálata során megállapítottam, hogy összes Se tartalma  $200 \pm 4 \mu\text{g kg}^{-1}$ . A vizes kivonat elemzésénél értékelhető csúcsokat nem kaptam. Vagyis a kontroll talajminta szeléntartalma kicsi.

Az 1991-ből, azaz a kísérlet első évéből származó talajminták vizes kivonatait vizsgálva, a kijuttatott dózisok növekvő mennyisége jól nyomonkövethető volt a mérési eredményekben. A dózisok nagyságának emelkedése mellett az is megfigyelhető, hogy már az első évben megjelennek a talajban a szelenit forma mellett a szelenát és a szelén szerves formái is. Tehát közvetlenül a kijuttatást követően megtörténik a szelén kis mértékű átalakulás a talajban. Az eredményeket a 1. ábra szemlélteti.



*1. ábra: Az 1991-ben vett talajminták elemzésénél kapott szelénformák és azok mennyiségeinek összehasonlítása (I: 1. ismétlés, 1,2,3,4: dózisok: 30, 90, 270 és  $810 \text{ kg ha}^{-1}$ , csúcsok: a = szerves Se formák; b = Se(IV); c = Se(VI))*

Ezt követően a különböző években vett talajminták kromatogramjait hasonlítottam össze. A mérési eredmények egyértelműen mutatták, hogy a kísérletben eltelt 10 év alatt a szelenit mennyisége évről évre csökkent, míg a szelenát mennyisége nőtt a feltalajban, a szerves szelén mennyisége, pedig jelentősebb mértékben nem változott. A szelenit és a szelenát mennyiségének időbeni változását mutatja be a 2. ábrán látható diagram.

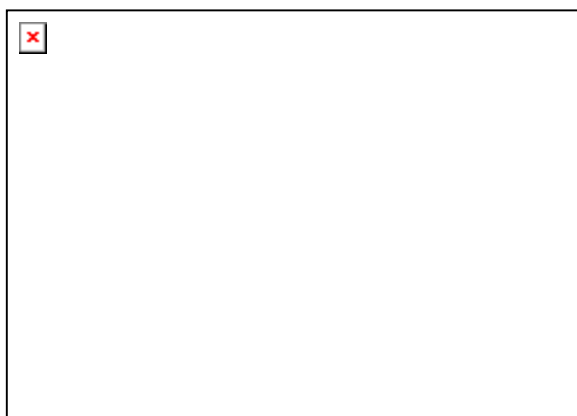


2. ábra: A különböző években vett feltalaj minták szelénformái mennyiségének változása oszlopdiagramon ábrázolva

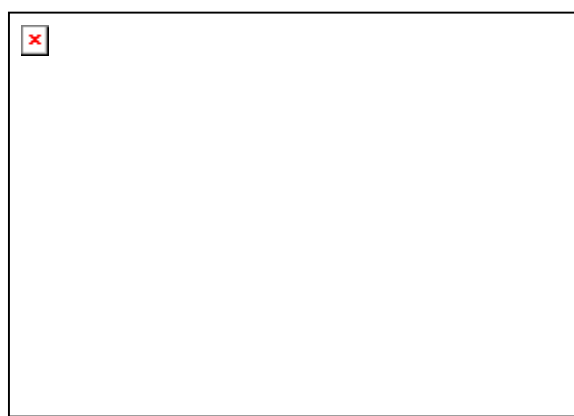
A szelénformák vándorlása a talajban a mélységi minták vizsgálatával követhető nyomon. Az ilyen irányú vizsgálatok azt mutatták, hogy a szelenit a kísérlet megkezdése után 10 évvel is viszonylag jelentősebb mennyiségben van jelen a feltalajban, 0-60 cm mélyséig. Ezt követően viszont a mennyisége 1 m mélységet követően szinte teljes egészében lecsökken. A szerves szelénformák mennyisége hasonlóképpen alakul, a szelenát viszont igen nagy koncentrációban van jelen még közel 3 méter mélységben is, ami mutatja, hogy a szelén ebben a formában vándorol a talajban. Az intenzív lefelé történő mozgás arra utal, hogy a szelenát esetében fennáll a kimosódás veszélye.

A szelenit és a szelenát mennyiségének változását a talaj mélyebb rétegeiben a 3. ábra szemlélteti.

a)  $\text{SeO}_3^{2-}$



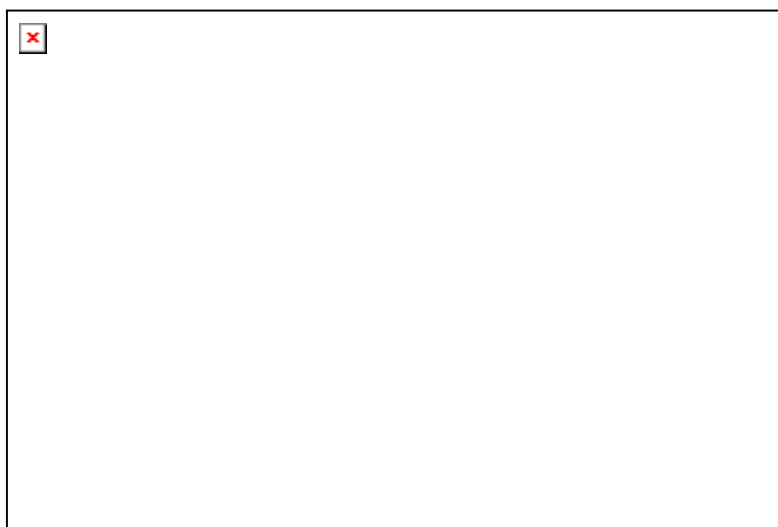
b)  $\text{SeO}_4^{2-}$



3. ábra: A szelenit és a szelenát mennyiségének alakulása a talaj mélyebb rétegeiben a 2000-es évből származó mélységi talajmintákban

### 3.2.2. A szelén megkötődése a nagyhőrcsöki talajmintákban; az adszorpció izotermák vizsgálata

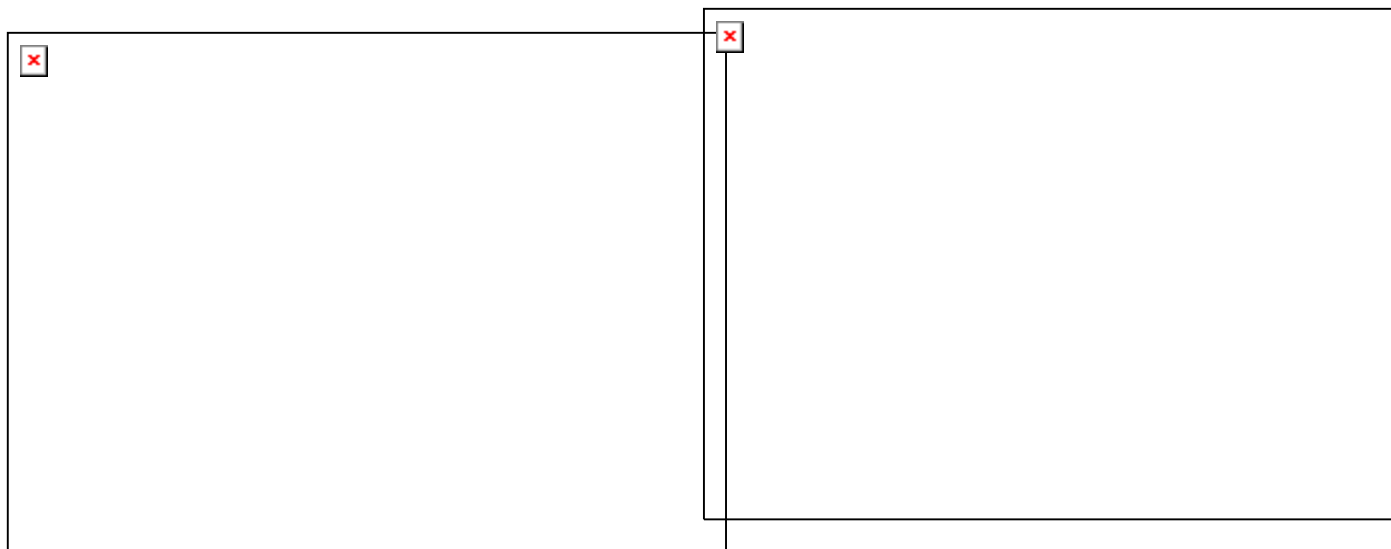
Az adszorpció izotermák megadják az egyensúlyi oldat ( $C_e$  [ $\text{mg l}^{-1}$ ]) és az adszorbensen adszorbeált anyag mennyisége közötti függvénykapcsolatot. A mért egyensúlyi oldatkoncentráció és az ismert kiindulási oldatkoncentráció ismeretében számítottam az adszorbensen megkötött szelén mennyiségét ( $q_e$  [ $\text{mg g}^{-1}$ ]) a nagyhőrcsöki mészlepedékes csernozjom talaj kontroll mintájára. Az adatokból számolt, szobahőmérsékletre vonatkozó adszorpció izotermákat a 4. ábrán mutatom be.



4. ábra: A szelénformák adszorpció izotermái  
( $q_e$  az egyensúlyban a talaj által adszorbeált szelén mennyisége ( $\text{mg g}^{-1}$ ) egységben,  $C_e$  pedig az egyensúlyi oldat koncentrációja ( $\text{mg l}^{-1}$ ))

Mind a szelenit, mind pedig a szelenát megkötődése modellezhető tehát adszorpció izotermákkal a vizsgált feltalajban. Az izotermák lefutása pedig jól mutatja, hogy a vizsgált mészlepedékes csernozjom talajon a szelenit erősebben kötődik a talajhoz, mint a szelenát. Vagyis a szelén, szelenát formájában mozgékonyabb, és ahogy azt már a mélységi minták vizsgálatánál is láttuk; ebben a formában fog mozogni a talaj mélyebb rétegei felé.

A szelénformák megkötődésének modellezésére a Langmuir-féle adszorpció izoterma linearizált formáját is használtam. A kapott eredményeket az 5. ábrán mutatom be.



5. ábra: A szelenit és a szelenát megkötődésére számolható és illeszthető linearizált Langmuir-izotermák

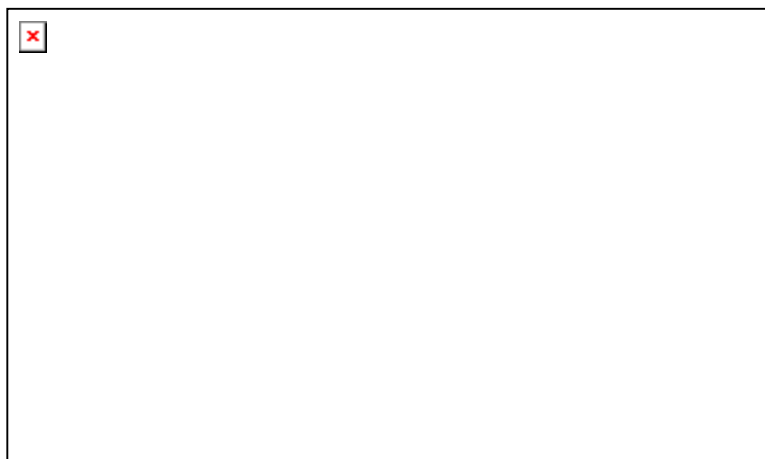
Az egyenesek tengelymetszetéből és a meredekségéből kiszámíthatók a Langmuir-egyenlet paraméterei, amelyeket a 4. táblázatban foglaltam össze.

4. táblázat: A Se adszorpciós Langmuir-izotermáinak a tengelymetszetből és az egyenesek meredekségéből számított paraméterei. A táblázatban szereplő  $r^2$ -értékek az egyenes illeszkedésére jellemző regressziós koefficiensek.

| minta                                                | Se(IV)                         |                            |       | Se(VI)                         |                            |        |
|------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-------|--------------------------------|----------------------------|--------|
|                                                      | $k_L$<br>[mg l <sup>-1</sup> ] | Q<br>[mg g <sup>-1</sup> ] | $r^2$ | $k_L$<br>[mg l <sup>-1</sup> ] | Q<br>[mg g <sup>-1</sup> ] | $r^2$  |
| nagyhörcsöki<br>mészlepedékes<br>csernozjom<br>talaj | 0,702                          | 17,9                       | 0,997 | 21,8                           | 20,5                       | 0,9996 |

### 3.2.3. Az adszorpciós izotermákból számolt összes vízdoldható szelenit és szelenát mennyisége, valamint ennek összevetése a talajban lévő teljes és a kioldott összes szelénkoncentrációval

A talajminták teljes szeléntartalmát ICP-MS készülékkel határoztam meg mind a vizes kivonatokból, mind pedig a savas roncsolatokból. A 6. ábra a savas oldatokban és a vizes kivonatokban mért összes Se koncentrációjának összevetését szemlélteti a 1991-ből származó, különböző dózissal Na-szelenittal kezelt talajmintákban. (A következő ábrákon az eredmények átláthatóbb szemléltetésére logaritmikus skálát alkalmaztam).



6. ábra: Összes szelénkoncentráció összehasonlítása a savas roncsolatokban és a vizes kivonatokban

Az ábra jól mutatja, a szelén koncentrációjának növekedését a dózisokkal.



7. ábra: Az egyes szelénkomponensek mennyiségének összehasonlítása az 1991-ből származó talajminták vizes kivonataiban

A 7. ábrán látható, hogy a szelénkomponensek közül várhatóan a szelenit van jelen legnagyobb mennyiségben a kísérlet első évében, de kis mennyiségben már a szerves és szelenát formák is megjelennek.

Az összes Se koncentrációt tekintve azt is megvizsgáltam, hogy milyen hatékonyságú volt a vizes extrakció a talajminták esetén. A számítások alapján ez nagyjából 20-30%-osnak adódott, ami több mint amit általában a vizes kivonatok hatékonyságáról írnak a szakirodalmakban (~ 10%). Ennek oka lehet, hogy a vizsgált talajokban a Se két fő formában van jelen; szelenitként és szelenátként, amely két forma jól oldódik vízben.

A vizes kivonatok hatékonyságának vizsgálata mellett az adszorpciós izotermákból visszaszámoltam a talajon kötve maradt vízoldható komponensek koncentrációját is, így jól

becsülhető lett az összes vízdoldható szeléntartalom és a talajon erősen kötve maradt szelén mennyisége.

Az adszorpciós izotermák linearizált formáinak egyenleteit felhasználva könnyedén meghatározható a  $k_L$  értéke, amely az egyenletek alapján a szelenit esetén 0,702-nek, a szelenát esetén pedig 21,8-nak adódik. Az egyenletek átalakításával és a mértékegységek, koncentrációegységek közötti átváltások figyelembevételével az alábbi képletek szerint kapható meg a talajon adszorbeálva maradt vízdoldható komponensek mennyisége:

$$C_{\text{adsz(szelénit)}} = 1 / (17,9 + 39,2 / c_{\text{vizes kivonatban mért (szelenit)}}) \times 10 \times 1000$$

$$C_{\text{adsz(szelénát)}} = 1 / (20,5 + 1066,8 / c_{\text{vizes kivonatban mért (szelenát)}}) \times 10 \times 1000$$

A kapott mennyiségeket és az azokhoz tartozó mértékegységeket a 5. táblázat tartalmazza.

5. táblázat: Mért és számított összes szelén koncentrációk és azok aránya, az 1991-ből származó talajminták esetén  
(dózisok: 1 = 30, 2 = 90, 3 = 270, 4 = 810 kg ha<sup>-1</sup>)

| 1991 | Koncentráció (mg kg <sup>-1</sup> )     |                                           |                                                     |                                                |                                                                  |
|------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|      | Teljes Se, ronsoltból<br>A <sup>a</sup> | Össz. mért vízdoldh. Se<br>B <sup>b</sup> | Talajon adsz., számolt maradék Se<br>C <sup>c</sup> | Számolt össz. vízdoldh. Se<br>B+C <sup>d</sup> | össz. vízdoldh. és teljes Se arány %<br>(B+C)/A*100 <sup>e</sup> |
| 1    | 2,70                                    | 0,795                                     | 1,84                                                | 2,64                                           | 97,5                                                             |
| 2    | 13,1                                    | 3,78                                      | 7,93                                                | 11,7                                           | 89,3                                                             |
| 3    | 50,7                                    | 17,7                                      | 24,7                                                | 42,4                                           | 83,6                                                             |
| 4    | 118                                     | 34,0                                      | 33,7                                                | 67,8                                           | 57,2                                                             |

<sup>a</sup> a teljes ronsolatból mért összes Se mennyisége (mg kg<sup>-1</sup>)

<sup>b</sup> a vizes extraktumokban mért vízdoldható Se mennyisége (mg l<sup>-1</sup>)

<sup>c</sup> a talajon az adszorpció miatt kötve maradt vízdoldható Se mennyisége (mg kg<sup>-1</sup>)

<sup>d</sup> a vizes oldatban lévő és a talajon adszorbeált vízdoldható Se összege, azaz az összes vízdoldható Se számolt mennyisége (mg kg<sup>-1</sup>)

<sup>e</sup> az összes vízdoldható Se és a ronsolt mintákban mért teljes Se-tartalom aránya (%)

A kapott számértékek azt mutatják, hogy a teljes Se-mennyiség kb. 80-90 %-a vízdoldható, és csupán kb. 10-20%-a van a talajban erősen kötve. Ennek valószínűleg az az oka, hogy a kezelés vízdoldható Na-szelenittel történt, amely legnagyobb részben szelenáttá alakul át, vagyis a talajban jórészt vízdoldható Se-vegyületek vannak jelen. A szelenitnek csak kevés része alakul át szerves formákká, a talaj mikrobiológiai tevékenysége révén.



### **3.2.4. Stabilitási kísérlet; a szelénformák átalakulásának, illetve stabilitásának vizsgálata a tárolt talajmintákban**

A stabilitási kísérletben azt kívántam vizsgálni, hogy a kezelt talajmintákban a laboratóriumi tárolás során is megtörténik-e a szelenit átalakulása, vagy az valóban szabadföldi körülmények között ment-e végbe. Vagyis, hogy a 10 éve tárolt minták vizsgálatánál hatással vannak-e a tárolási körülmények a vizsgálatok során levont következtetésekre. Ugyanezt az eljárást, vagyis az egyes komponensek tárolási stabilitásának vizsgálatát végzik el a hitelesített referencia anyagok (CRM) esetén is.

A kísérletben a kontroll talajmintát kezeltem szelenit oldattal, majd a kezelt mintákat 5 hónapon át tároltam 3 különböző hőmérsékleten ( $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  és  $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Öt hónap elteltével a mintákat egyszerre mértem meg IC-ICP-MS módszerrel (szelén-speciációs mérések) és vizsgáltam, hogy történt-e a mintákban átalakulás a tárolási körülmények között.

A minták speciációs vizsgálatait követően a kapott kromatogramokból és a komponensek alapján számolt Se koncentrációkból megállapítható volt, hogy a fagyasztóban és a hűtőszekrényben tárolt minták esetében semmilyen átalakulás nem történt a Se komponenseket tekintve.

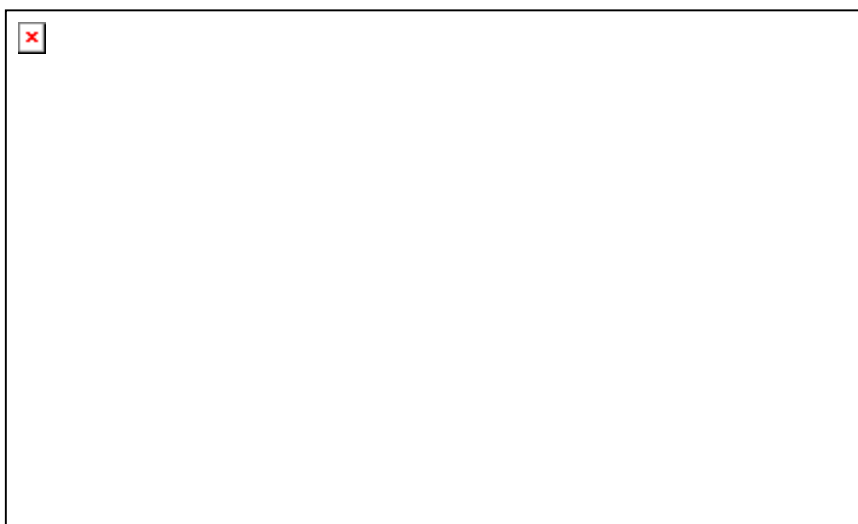
Az 5 hónapig szobahőmérsékleten tárolt mintákban kis mértékű átalakulás volt megfigyelhető; a szelenit kis mennyisége szerves formákká alakult, de ez az átalakulás olyan csekély mértékű (0,001%), amely nem számottevő a kísérlet szempontjából. Emellett a szelenát csúcsa nem jelenik meg a kromatogramon, vagyis a szelenit-szelenát átalakulás szobahőmérsékleten sem történt meg a vizsgált 5 hónapig tartó tárolás alatt.

Megállapítható tehát, hogy a szelenit átalakulása szelenáttá és szerves formákká szabadföldi körülmények között ment végbe.

### 3.3. A nagyhőrcsöki szabadföldi kísérletből származó növényminták vizsgálata

#### 3.3.1. A növényminták speciációs vizsgálata, a szelénfelvétel és a növényben jelen lévő szelénformák értékelése fajtánként

A talajok vizsgálatát követően a szelénrel kezelt kísérleti parcellákon termesztett növényekben határoztam meg vizes kivonatokból nyert szelénkomponenseket, illetve azok mennyiségét. Azt tapasztaltam, hogy a szelén a vizsgált szántóföldi növényekben alapvetően két fő formában volt jelen; szerves komponensek és szelenát formájában. Néhány növényben csak két forma; a szerves formák és szelenit (pl. kukoricaszár), vagy a szerves formák és szelenát (pl. sárgarépa-gyökér, őszi árpa), másokban (pl. őszi búza, borsószár) mindhárom speciesz (Se(IV), Se(VI) és szerves formák) megjelent eltérő mennyiségben, de a szelenit aránya minden esetben kevés maradt. A sárgarépa, a borsó, az őszi búza és az őszi árpa esetében is igen nagy a szelenát aránya a növényben; különösen igaz ez a borsó esetében. A 8. ábrán az 1991-ből származó kukoricaszár minták szelénformáit mutatom be.



8. ábra: Az 1991-ből származó kukoricaszár minták elemzésénél kapott szelénformák (II: 2. ismétlés, 1,2,3,4: dózisok: 30, 90, 270 és 810 kg ha<sup>-1</sup>, csúcsok: a = szerves Se formák; b = Se(IV))

Az ábrán látható, hogy a növekvő dózisokkal a szelénkomponensek mennyisége is növekszik a növényben.

A következő ábra a borsószár mintáknál kapott szelénkomponensek arányát mutatja be. Jól látható, hogy a szelenát igen nagy arányban van jelen a növényben.

A jelentős mennyiségű szelenát jelenlétének egyik oka, hogy a növények szelenát formájában veszik fel a szelént, mivel a szelenát felvétele könnyebb a növények számára, a szulfáthoz való hasonlósága miatt. A szelenit szelenáttá alakulása miatt a kísérlet későbbi éveiben egyre nagyobb mennyiségben van jelen a talajban szelenát, vagyis a növények számára hozzáférhető lesz. Ez magyarázhatja azt is, hogy a kísérlet első két évében nem volt

annyira toxikus hatású a szelén a növényekre, mint a későbbi években. A csak kis mennyiségben előforduló vagy hiányzó szelenitre magyarázat, hogy ebben a formában is felveszik a növények a szelént, de olyan gyorsan alakítják át más (főleg szerves) formákká, hogy emiatt a szelenit jelenlétét nem, vagy csak kis mértékben tapasztaljuk.

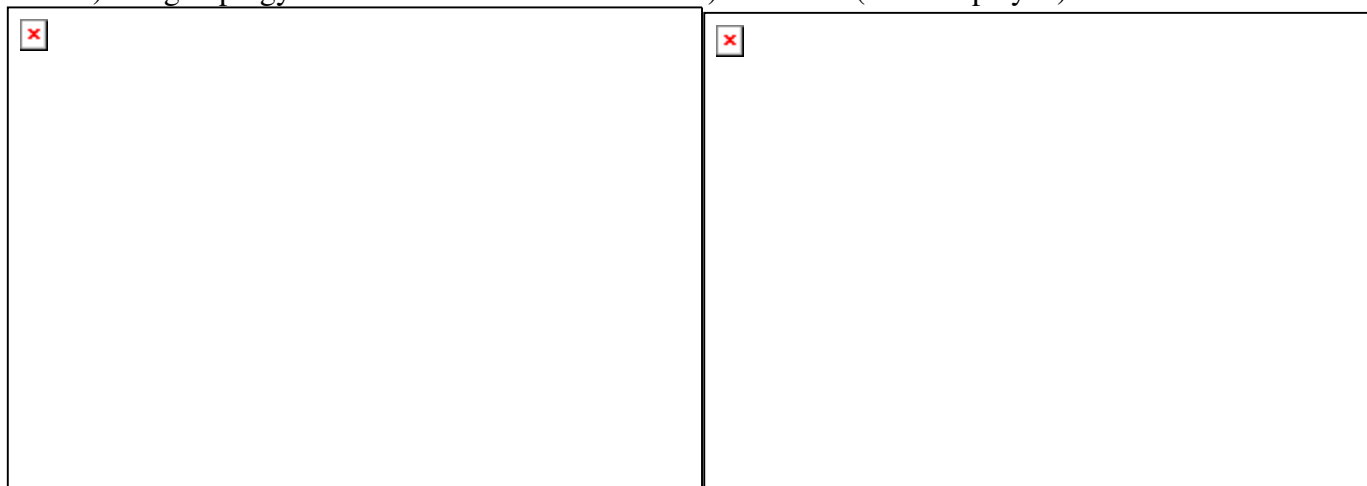


9. ábra: Az 1994-ből származó borsószár minták szelénformáinak aránya a növekvő dózisokban

A következő ábra a) és b) részén további két nagyhorcsöki növény minta szelénformáinak arányát mutatom be oszlopdiagramokon ábrázolva.

a) sárgarépa-gyökér

b) őszi búza (szalma+pelyva)



10. ábra Szelénkomponensek aránya a nagyhorcsöki növénymintákban; a) sárgarépa (gyökér), 1992; b) őszi búza (szalma+pelyva), 1997

### 3.3.2. Növényminták összes-szelén koncentrációjának vizsgálata és összevetése a vizes kivonatokban kapott szelénkomponensek koncentrációival, a vizes kivonat hatékonyságának vizsgálata

A 11. ábra a 1991-ből származó kukoricaszár minták savas rocsolataiban és a vizes kivonatokban mért összes Se mennyiségének összevetését mutatja be. Az ábrán látható, hogy a vizes kivonatokban lévő szelén mennyisége, arányát tekintve jóval kisebb, mint amit a talajmintáknál tapasztaltam. Ezeket az arányokat számszerűsítve a nemzetközi irodalmakban közölteknek megfelelő 13-15%-os extrakciós hatékonyságot kapunk. Ez várható, hiszen a növények esetében a szelén jórészt szerves formákban van kötve, így a vízzel oldható komponensek aránya kicsi.



11. ábra: Összes szelénkoncentráció összehasonlítása az 1991-es kukoricaszár minták savas rocsolataiban és vizes kivonataiban

### 3.3.3. A szelenithez és a szelenáthoz kapcsolódó, talajban és növényekben lejátszódó fő folyamatok

A 12. ábrán a szelenithez és a szelenáthoz kapcsolódó, a vizsgált csernozjom talajban, és az azon termesztett szántóföldi növényekben lejátszódó fő folyamatokat mutatom be. A képen látható, hogy a szelenit a csernozjom talajon erősen kötődik, valamint hogy szelenáttá alakul. A szelenát kevésbé kötődik meg a talajon, így lefelé mozog.

Mindkét formát felveszik a növények, de a szelenát felvétele intenzívebb. A szelenit a növényekben jórészt szerves formákká alakul, míg a szelenát a vizsgált szántóföldi növényekben nem vagy csak alig alakul át más formákká. Ismerünk azonban olyan növényeket is, amelyek a szelenátot is szerves vegyületekké alakítják, ilyenek egyes káposzta- és hagymafélék.



*12. ábra: A szelenit és szelenát átalakulásának és mozgásának fő folyamatai a vizsgált talajon és a természetett szántóföldi növényekben*

### **Új és újszerű tudományos eredmények**

1. Megállapítottam, hogy a mészlepedékes csernozjom talajra kijuttatott szelenit só szelenáttá oxidálódik. A folyamat nem pillanatszerű, lejátszódásához több év szükséges. Kis mennyiségben szerves komponensek is képződnek ugyan, de ezek mennyisége a szelenit-szelenát átalakuláshoz képest kevés.
2. A szelenittel való trágyázás során a mészlepedékes csernozjom talajokon a szelén kimosódásának veszélye is fennáll, a szelén főként szelenát formájában mozog. 10 év elteltével már 3 méter mélységben is jelentős mennyiségben található meg a szelén a talajban, szelenát formájában. A szelenit a feltalajban marad, a szelenát azonban a mélyebb rétegek felé vándorol.
3. A talajprofilban meghatároztam a szelenit és a szelenát ionok adszorpciós izotermáinak konstansait, amelyek a lemosódás modellezéséhez szükségesek.
4. A szelenit és szelenát Langmuir-féle adszorpciós izotermáinak egyenleteiből kiszámítható a teljes vízzel oldható szelenit és szelenát mennyisége, vagyis a vizes extrakció során az oldatba kioldódó és a talajon az adszorpció miatt megkötve maradt komponensek mennyisége is. A

kapott koncentrációk összevethetők a talajok teljes szeléntartalmával és így pontosabban becsülhető a talajon az egyes szelénkomponensek megkötődése.

5. A szelenit kezelés hatására a sárgarépa, a borsó, az őszi búza és az őszi árpa esetében is igen nagy a szelenát aránya a növényben; különösen igaz ez a borsó esetében. Ebből arra következtethetünk, hogy a növények részint könnyebben veszik fel a szelént szelenát formájában, hiszen néhány év elteltével már a talajban is nagyobb mennyiségű szelenát van jelen. Másfelől a már felvett szelenit egy része a növényekben is szelenáttá alakul. Ez a növényekre nézve kedvezőtlen, hiszen a szelenát toxikusabb forma a szelenitnél.

6. Eredményeim alapján megállapítottam, hogy a szelenit nagy dózisban semmiképp sem alkalmas szelénpótlásra szánt trágyázásra a talajban. A szelenit kis dózisban (max. 30 kg ha<sup>-1</sup>) alkalmas szelénpótlásra, mert erősen kötődik a talajon, ugyanakkor lassan alakul át szelenát formává, amely a növények számára hosszú ideig biztosít megfelelő szelénellátást.

## Publikációk az értekezés témakörében

### Tudományos folyóirat

**Széles É.**, Kovács B., Prokisch J., Győri Z. (2007): Selenium-speciation in soil samples using anion exchange chromatography coupled with inductively coupled plasma-mass spectrometry, *Science of the Total Environment* (közlésre benyújtva: 2007.03.30.)

Prokisch J., Szegvári I., **Széles É.**, Kovács B., Győri Z. (2006): Normalisation method for evaluation of metal contamination of soil. *Cereal Research Communications* 34 (1): 263-266. p.

Prokisch J., Hovanszki D., **Széles É.**, B. Kovács, Z. Győri (2007): Inhomogeneity of the agricultural soils in Hungary. *Cereal Research Communications*, (közlés alatt)

**Széles É.**, Kovács B., Prokisch J., Győri Z. (2007): Studying of selenium adsorption in soil from a long-term field experiment. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* (közlés alatt)

Simon L., Bíró B., **Széles É.**, Balázs S. (2007): Szelén fitoextrakciója és mikrobacsoportok előfordulása szennyezett talajokban. *Agrokémia és Talajtan*, 56:1, 161-172. p.

**Széles É.**, Kovács B., Prokisch J., Győri Z. (2005): Ütközési cella (CCT) alkalmazása az ICP-MS technikában. *Agrártudományi Közlemények*, 16. 120-125. p.

**Széles É.**, Kovács B., Prokisch J., Győri Z. (2006): Szelén-speciációs vizsgálatok talajmintákból ionkromatográffal összekapcsolt induktív csatolású plazma-tömegspektrométer (IC-ICP-MS) alkalmazásával. *Agrártudományi Közlemények*, 23. 106-111. p.

**Széles É.**, Tóth Á., Nagy A., Prokisch J., Kovács B., Győri Z. (2007): A szelén jelentősége az élővilágban és a kutatásban. *Agrártudományi Közlemények* (közlés alatt)

### Lektorált közlemények:

Kovács B., **Széles É.**, Prokisch J., Győri Z. (2005): Selenium and arsenic analysis using ICP-MS with collision cell technology (CCT) in plant and soil samples. 9<sup>th</sup> International Symposium on Soil and Plant Analysis, 30 January – 4 February, 2005, Cancun, Mexico, Ed.: J. D. Etchevers, C. Hidalgo., Colegio de Postgraduados. Mexico. Program and Abstract Book p.: 45. ISBN 968-839-449-1.

Prokisch J., **Széles É.**, Kovács B., Hovanszki D., Domokos-Szabolcsy É., Fári M. (2005): Selenium Speciation and its application in the production of functional foods. International Scientific Conference of the Innovation and Utility in the Visegrad fours, 13-15, October, 2005, Nyíregyháza, Hungary, In: Proceedings of the International Scientific Conference "Innovation and Utility in the Visegrad Fours". Volume 2. p.: 473-476, Agriculture and Food Industry. October 13-15, 2005. Nyíregyháza, Hungary, Continent-Ph., Nyíregyháza. pp. 1-298. Ed. Simon L. (ISBN:963 86918 24).

Kovács B., **Széles É.**, Prokisch J., Győri Z. (2006): Study of contents of selenium and arsenic in soil a long-term-field experiment. In: *Chinese Journal of Geochemistry*, Vol. 25 (Suppl.) p.:198., Ed. Zhonglun, X., Zhilan, H., Longfang, L., ISSN: 1000-9426, 7<sup>th</sup> International Symposium on Environmental Geochemistry, 24-27 September, 2006, Beijing, China

Simon L., **Széles É.**, Kovács B., Prokisch J., Győri Z. (2006): Phytoextraction of selenium from contaminated soils with Indian mustard, fodder radish and alfalfa. In: Proceedings of the International Symposium on Trace Elements in the Food Chain. Budapest, May 25-27, 2006. (Ed.: Szilágyi, M., Szentmihályi K.). Working Committee on Trace Elements of the Complex Committee Hungarian

Academy of Sciences and Institute of Material and Environmental Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences. Budapest, Hungary. pp. 40-44. (ISBN 963 7067 132).

**Széles É.**, Kovács B., Prokisch J., Győri Z. (2006): Szelénvegyületek átalakulásának vizsgálata talajban. Tavaszi Szél konferencia, 2006. május 04-07., Kaposvár, konferenciakiadvány: 41 o. Szerk.: Csizmadia József. ISBN: 963 229 773 3.

Simon, L., **Széles É.**, Balázs B., Biró B., (2007): Selenium phytoextraction, speciation and microbe groups in contaminated soils. 9th International Conference on Biogeochemistry of Trace Elements, Beijing, China, July 2007. Extended Abstracts. (közlés alatt)

### **Konferenciakiadványok**

Kovács B., Prokisch J., **Széles É.**, Győri Z. (2004): Az ICP-OES és ICP-MS alkalmazása növény és talajminták elemzésében. MTA Spektrokémiai Munkabizottságának ülése, 2004. április 22-23., Debrecen

Kovács B., Kádár I., **Széles É.**, Prokisch J., Győri Z., Simon L. (2005): Investigation of selenium using soil and plant samples from a long-term field experiment. Twenty Years of Selenium Fertilization, September 8-9, 2005 Helsinki, Finland, Abstract book, p.: 79

Kovács B., **Széles É.**, Prokisch J., Simon L., Varga I., Győri Z. (2005): Effect of different solvents on the signal of different elements using ICP-MS instrument. 5<sup>th</sup> International Symposium on Trace Elements in Human: New Perspectives, 13-15 October, 2005, Athens, Greece, Abstract Book: 127-128. p.

Prokisch J., **Széles É.**, Kovács B., Győri Z. (2005): Ionkromatográffal összekapcsolt induktív csatolású plazma tömegspektrométer (IC-ICP-MS) alkalmazása élelmiszer alapanyagok vizsgálatában (Application of IC-ICP-MS for the measurement of food raw materials) Lippay János-Ormos Imre-Vas Károly Tudományos Ülésszak (L-O-V Scientific Symposium), 19-21., October, 2005, Budapest, Hungary, Abstract book, p.: 222-223

Kovács B., Prokisch J., **Széles É.**, Győri Z. (2006): Szelén- és arzéntartalom analízisének vizsgálata ICP-MS berendezés alkalmazásával XV. Élelmiszer Minőségellenőrzési Tudományos Konferencia, 2006. március 30., Debrecen, EOQ MNB Konferenciakiadvány, 240 o.

**Széles É.**, Kovács B., Prokisch J., Győri Z. (2006): Selenium-speciation in soil samples using anion-exchange chromatography with inductively coupled plasma mass spectrometry. International Symposium on Trace Elements in the Food Chain, 25-27, May, 2006, Budapest, Hungary, Abstract Book: 78-79. p.

Kovács B., **Széles É.**, Prokisch J., Győri Z. (2006): Investigation of selenium and arsenic in plant and soil samples from a long-term field experiment. International Symposium on Trace Elements in the Food Chain, 25-27, May, 2006, Budapest, Hungary, Abstract Book: 56. p.

Simon L., **Széles É.**, Kovács B., Prokisch J., Győri Z. (2006): Phytoextraction of selenium from contaminated soils with Indian Mustard, fodder Radish and Alfalfa. International Symposium on Trace Elements in the Food Chain, 25-27, May, 2006, Budapest, Hungary, Abstract Book: 27-28. p.

Prokisch J., Fári M., **Széles É.**, Kovács B., Győri Z. (2006): A new method for production of functional fruits. First International Congress, Nutrition and Food Safety: Evaluation of Benefits and Risks (The SAFE Consortium International Congress on Food Safety), 11-14, June, 2006, Budapest, Hungary, Abstract Book: 16. p.



**Széles É.**, Kovács B., Prokisch J., Győri Z. (2006): Szelén-speciációs vizsgálatok talajmintákból 49. Magyar Spektrokémiai Vándorgyűlés, 2006. július 10-12., Miskolc, konferenciakiadvány: 168-171 o.

Simon L, Biró B, **Széles É.**, Balázs S. (2006): Növények és mikrobák szerepe a szelénrel szennyezett talajok fitoextrakciójában. Talajtani Vándorgyűlés, 2006. augusztus 23-25. Sopron. MAE Talajtani Társaság, MTA Talajtani és Agrokémiai Bizottsága, Nyugat Magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar. Előadások és poszterek összefoglalója. p. 57.

**Széles É.**, Kovács B., Prokisch J., Győri Z. (2007): Selenium-speciation in soil and plant samples using anion-exchange chromatography with inductively coupled plasma mass spectrometry The 2007 European Winter Plasma Conference, 19-23 February, 2007, Taormina, Sicily, Italy, Abstract CD

Kovács B., **Széles É.**, Prokisch J., Győri Z. (2007): Effect of different compounds on the signal of elements in ICP-MS analysis. The 2007 European Winter Plasma Conference, 19-23 February, 2007, Taormina, Sicily, Italy, Abstract CD

**Széles É.**, Kovács B., Prokisch J., Győri Z. (2007): Studying of selenium adsorption in soil from a long-term field experiment. 10<sup>th</sup> International Symposium on Soil and Plant Analysis, 11-15 Juny, 2007, Budapest, Hungary.

**Széles É.**, Kovács B., Prokisch J., Győri Z. (2007): Szelén-speciációs vizsgálatok szabadföldi kísérletből származó növényi és talajmintákban. Centenárium Vegyészkonferencia, 2007.05.29-06.01., Sopron, Program és előadásösszefoglalók könyve, 147. o.

**Széles É.**, Kovács B., Prokisch J., Győri Z. (2007): Selenium-speciation using anion-exchange chromatography with inductively coupled plasma mass spectrometry. 7<sup>th</sup> International Symposium and Summer School on Bioanalysis, 10-15 June 2007, Pécs, Hungary, program and abstract book, 61. p.