

A TALAJ ÉS A NÖVÉNYEK ARZÉNTARTALMÁNAK ÖSSZEFÜGGÉS VIZSGÁLATA NEHÉZFÉMTERHELÉSES TARTAMKÍSÉRLETBEN

SZEGEDI LÁSZLÓ
BÉLTEKI ILDIKÓ
FODORNÉ FEHÉR ERIKA

Összefoglalás

A Károly Róbert Főiskolán 1994 őszén beállított nehézfémterhelési tartamkísérlet (Al, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn) hetedik évében őszi árpat (Hordeum vulgare L.), tizenharmadik évében lucernát (Medicago sativa L.) termesztettünk. A talaj és a növények arzéntartalmának összefüggés-vizsgálatához mindkét kísérleti évben meghatároztuk a jelzőnövények és a talaj szántott rétegének arzéntartalmát. A talaj vizsgált nehézfémkoncentráció tartományában a talaj „oldható” (NH_4 -acetát + EDTA oldható), illetve „összes” (cc. HNO_3 + cc. H_2O_2 oldható) As-tartalma az őszi árpa szalmaés a lucerna esetén lineáris, az őszi árpa szemnél logaritmikus kapcsolatot mutatott a növényi As-tartalommal. Mindkét növény esetén szoros összefüggés volt kimutatható a talaj és növény As-tartalma között. A kísérleti eredmények szerint az As-dúsulás intenzitása az őszi árpa és a lucerna esetén közel azonosnak bizonyult. Az As-akkumuláció hasonló értékű intenzitása miatt a vonatkozó rendeletben az arzénra megadott talajszennyezettségi határkoncentráció a lucernánál is megfelelő védelmet biztosít. Az össze-függés vizsgálat alapján az őszi árpa szemtermése a talaj arzénre meghatározott szennyezettségi határértéke mellett 0,32 mg/kg, ami meghaladja a 17/1999. (VI. 16.) EüM rendeletben meghatározott 0,1 mg/kg-os egészségügyi határértéket. Ez alapján a javasolt talajszennyezettségi határkoncentráció 15 mg/kg helyett 6 mg/kg.

Kulcsszavak: talajszennyezés, őszi árpa, lucerna, cumulation

Examinational of relations between the ARSENIc content of plants and the soil in a heavy metal loading long-term experiment

Abstract

In the seventh year of the long term heavy metal load (Al, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn) experiments set in the autumn of 1994 at Károly Róbert College, we planted winter barley (Hordeum vulgare L.) and in the thirteenth year we planted alfalfa (Medicago sativa L.). For the correlation test of the arsenic content of the soil and the plants we determined the arsenic content of the indicator plants and plowed layer of the soil in both experimental years. In the examined range of heavy metal concentration of the soil the solute (NH_4 -acetate + EDTA solute) and the total (cc. HNO_3 + cc. H_2O_2 solute) arsenic content is linear in case of the winter barley straw and the alfalfa, while there is a logarithmic relationship with the plant's arsenic content in case of the winter barley grains. In case of both plants there was a strong relationship between the arsenic content of the soil and the plant. According to the results of the experiments the intensity of arsenic enrichment is nearly identical in case of winter barley and alfalfa. As a result of the similar intensity of arsenic accumulation, the limit for the concentration of arsenic soil contamination specified in the related regulation also gives sufficient protection in case of alfalfa. According to the correlation test the production of winter barley grains

with the specified arsenic soil contamination limit is 0,32 mg/kg, which is over the 0,1 mg/kg health care limit specified in the 17/1999. (VI. 16.) regulation of the Ministry of Health. On this basis the recommended limit for the concentration of arsenic soil contamination should be 6 mg/kg instead of the present 15 mg/kg limit.

Keywords: soil contamination, autumn barley, medic, accumulation

Bevezetés

A toxikus nehézfémek az ipari forradalom kezdete óta egyre nagyobb mértékben kerülnek a környezetbe és a következő évtizedekben várhatóan a legsúlyosabb környezeti károk kiváltói lesznek. Jelenlegi ismereteink szerint csaknem két tucat elem túlsúlya fejthet ki káros hatást az élővilágra. Simon (1999) a legtöbb környezeti problémát okozó nehézfémnek a kadmiumot (Cd), az ólmot (Pb), a krómot (Cr), a rezet (Cu), a cinket (Zn), a nikkelt (Ni), és a higanyt (Hg) tartja. Jelentős környezetkárosító hatást tulajdonít azonban az alumíniumnak (Al) és az arzénnek (As) is.

A környezeti elemek közül a talaj, mint a szárazföldi ökoszisztémák alapvető és meghatározó közege, az emberi tevékenység fokozódó igénybevételének van kitéve. A talaj bizonyos mértékig ugyan megújulni képes, de nem kimeríthetetlen természeti erőforrás, így a talajszennyezés számos talajfunkció veszélyeztetéséhez és a talajok termékenységének leromlásához vezethet. A talaj összekötő és közvetítő szerepet tölt be más létfontosságú geoszférákkal (hidroszféra, atmoszféra, bioszféra), ami miatt kiemelt figyelmet érdemel. A talaj leromlása komoly problémát jelent az egész világon, így Magyarországon is. A talajromlásnak közvetlen hatása van a víz és a levegő minőségére, károsíthatja az emberek egészségét és veszélyeztetheti az élelmiszer- és takarmánybiztonságot (KvVM, 2010; Stefanovits et al., 1999; Várallyay, 1990).

A nehézfémekkel szennyezett területek alapvető környezeti problémát jelentenek. Egyes talajtípusokban a természetes nehézfém-tartalom igen magas lehet, gyakoribb azonban, hogy a termőtalajok természetes nehézfém-tartalma emberi tevékenység következtében emelkedik meg. A talaj képes a környezetbe kerülő nehézfémek megkötésére és tárolására. Egy bizonyos terhelési szint felett, illetve a talajban lejárló egyensúlyi folyamatok változásával a megkötött toxikus nehézfémek mobilizálódhatnak, ezáltal a vízrendszeren vagy a táplálékláncon keresztül a nehézfémek ökoszisztémába való bejutását okozhatja, veszélyeztetve ezzel az érzékenyebb fajokat, és magát az embert (Simon, 1999, Fodor, 2002, Kádár, 1995, 1996ab, 2001; Csathó, 1994).

Az arzén átlagos koncentrációja a litoszférában 1,5-2 mg/kg. A talajvizekben 0,01-2.100 mg/dm³ arzén mérhető. A világ talajainak arzéntartalma 1-95 mg/kg koncentrációtartományban változik, a szennyezetlen talajok általában 10 mg/kg-nál kevesebb arzént tartalmaznak (Alloway, 1990; Adriano, 1986; Kádár, 1991; Simon 1999).

A magyarországi talajok mezőgazdaságilag művelt és az élő szervezetek számára legkönnyebben hozzáférhető felső genetikai szintjében az összes arzéntartalom 1-15 mg/kg, ami megközelíti a 15 mg/kg szennyezettségi határértéket. A vizsgált minták 79%-ában azonban az arzéntartalom kevesebb mint 7 mg/kg. Az arzén elsősorban a kőzethatású, illetve a vizes réti-, láp- és öntéstalajokban fordul elő (KvVM, 2010).

Az arzén a talajban a csapadékvizzel nehezen mozog, nem mosódik le. Toxicitása nagyban függ oxidációs állapotától. A jól levegőzött talajokban a kevésbé mérgező As(V) forma, a tömörödött, levegőtlen, vízzel borított földben a mérgezőbb As(III) forma fordul elő. Az arzén- és a foszforanionok (arzenát és foszfát) kémiai rokonságuk miatt konkurálnak az agyagásványok, humusz és fémoxidok felületén való megkötődésükkor. A P/As arány meghatározó a mérgezés kialakulásakor. A foszfor nemcsak akadályozhatja az arzén oldhatóvá válását a talajban, hanem a növényi felvételét, illetve a növényen belüli transzportját is gátolhatja (Adriano, 1986; Kádár, 1991, 1995, 1996a, 1996b; Shroeder és Balassa, 1961).

A növények számára az arzén nem esszenciális mikroelem, nagyon alacsony koncentrációban azonban serkenti a gyökér növekedését. Ezen tulajdonsága valószínűleg a foszfor felvehetőségének elősegítésével függ össze. Az arzén a növényekben nehezen szállítódik, így a gyökerekben halmozódik fel, a növény föld feletti szerveiben azonban az arzénkoncentráció nem, vagy csak kis mértékben haladja meg a nem szennyezett talajon nőtt növényzet arzénkoncentrációját (Liebig, 1966; KvVM, 2010; Kádár, 1991, 1995, 1996a, 1996b; Simon 1999).

Az egyes növényfajok arzén érzékenysége igen eltérő. Bizonyos fajok igen jól jelzik a talaj arzén készletét, képesek az arzént nagyobb mennyiségben passzív felvétellel (tömeggárammal) felhalmozni. Így pl. a szennyezetlen, kis arzénkészlettel rendelkező talajon század mg/kg nagyságrendű, míg erősen szennyezett talajon akár 6-8000 mg/kg arzén koncentráció is előfordulhat. A szennyezetlen talajon növény 10 mg/kg-nál nagyobb koncentrációban nem tartalmaz arzént. Arzén mérgezéskor a növények szövetei rózsaszínűek, majd világossárgák lesznek (Fodor, 2002; Kádár, 1991, 1995, 1996a, 1996b, Pais, 1980).

A Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium megbízásából az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetében 1991-ben indult a „Környezetünk nehézfém terhelésének vizsgálata” című kutatási program, melynek célja, hogy a főbb hazai talajokon szabadföldi kisparcellás tartamkísérletekben vizsgálják a nehézfémek és más potenciálisan toxikus elemek viselkedését a talaj-növény rendszerben és a táplálékláncban. A kutatási programban az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetében kidolgozott irányelvek és módszertan szerint 1994-ben a Károly Róbert Főiskola is bekapcsolódott. A vizsgált elemek egyike az arzén volt.

A tartamkísérletek lehetőséget biztosítottak a fitotoxicitási határértékek megállapítására adott talajon, adott növényre, növényi szerve. A fitotoxicitás mellett a fogyasztásra kerülő növények, növényi szervek nehézfémterhelésének ismeretében vizsgálható a talajszennyezés tápláléklánca gyakorolt hatása is. Az egyes növények, növényi szervek eltérő mértékben veszik fel és transzlokálják a nehézfémeket. Ezeknek a folyamatoknak az ismerete rávilágíthat arra, hogy a lakosság mennyire veszélyeztetett vagy lehet veszélyeztetett egy adott nehézfémterhelésnél. Mindezek birtokában a szennyezett területek minősíthetők és a szükséges védekező beavatkozások megtervezhetők (Kádár 1993, 1994, 1995, 2001; Szabó 1998).

Anyag és módszer

A szabadföldi kisparcellás nehézfém terhelési tartamkísérlet beállítására 1994 őszén a Károly Róbert Főiskola Tass-pusztai Tangazdaságában savanyú, kötött csernozjom barna erdőtalajon 8 elemmel (Al, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn), 3 terhelési szinten (0/30, 90 és 270 kg elem/ha), 3 ismétlésben, 35 m² területű (3,5 m x 10 m-es) parcellákkal került sor. A kezeléseket az 1. táblázat ismerteti.

Az osztott parcellás (split-plot) elrendezésű kísérletben a 8 vizsgált elem jelentette a főparcellákat, a 3 terhelési szint az alparcellákat. A kezelések száma 24, az összes parcellaszám pedig 72 volt. A parcellákat 2 m-es utak határolták a jó megközelítés, valamint a művelésből adódó talajáthordás csökkentése érdekében. Az ismétléseket 4 m-es utak választották el egymástól. A kísérletet 11 m-es füvesített védősáv vette körül az eróziós talajelhordás megakadályozása céljából. A parcellák összes területe 2520 m², az utak, szegélyek védősáv területe 6728 m², a kerítéssel bekerített terület 9248 m².

A kezeléseket az elemek vízoldható sóival végeztük egy alkalommal, a kísérlet beállításakor. A kiszórandó adagokat előre kimértük, a helyszínen száraz homokkal összekevertük és kézzel egyenletesen szétosztuk a parcellákon. A kiszórást követően a sókat kombinátorral 8-10 cm-re a talajba dolgoztuk.

1. táblázat: A nehézfémterhelési szabadföldi kísérlet kezelései (csernozjom barna erdőtalaj, Mátraalja, Tass-pusztá, 1994.)

| Elem jele | Terhelési szintek kg elem/ha | | | Alkalmazott sók formája |
|-----------|------------------------------|----|-----|---|
| | 1 | 2 | 3 | |
| Al | 0 | 90 | 270 | Al(NO ₃) ₃ · 9H ₂ O |
| As | 30 | 90 | 270 | NaAsO ₂ |
| Cd | 30 | 90 | 270 | 3CdSO ₄ · 8H ₂ O |
| Cr | 30 | 90 | 270 | K ₂ CrO ₄ |
| Cu | 30 | 90 | 270 | CuSO ₄ · 5H ₂ O |
| Hg | 30 | 90 | 270 | HgCl ₂ |
| Pb | 30 | 90 | 270 | Pb(NO ₃) ₂ |
| Zn | 30 | 90 | 270 | ZnSO ₄ · 7H ₂ O |

Forrás: Fodor, 2002

Jelzőnövényként 2001-ben ősziárpát (*Hordeum vulgare L.*), 2007-ben lucernát (*Medicago sativa L.*) termesztettünk. Mindkét kísérleti évben meghatároztuk a jelzőnövények és a talaj szántott rétegének arzéntartalmát.

A növénymintavétel a növények tápláltsági állapotát leginkább meghatározó fenofázisokban történt, az őszi árpánál a bokrosodás végén (zöld hajtás) és a kalászhányáskor (kalász alatti levél), a lucernánál a virágzás kezdetén. A mintavétel során minden parcellán háromszor egy véletlenszerűen kiválasztott folyóméterről a teljes föld feletti növény leszedtük a parcellák szegélyétől 0, 5 m-t körben elhagyva. A növényi minták elemtartalmának meghatározását tömegmérés, szárítás és darálás előzte meg. A növénymintákban kísérleti elemeket cc. HNO₃ + H₂O₂ feltárást követően ICP technikával vizsgáltattuk.

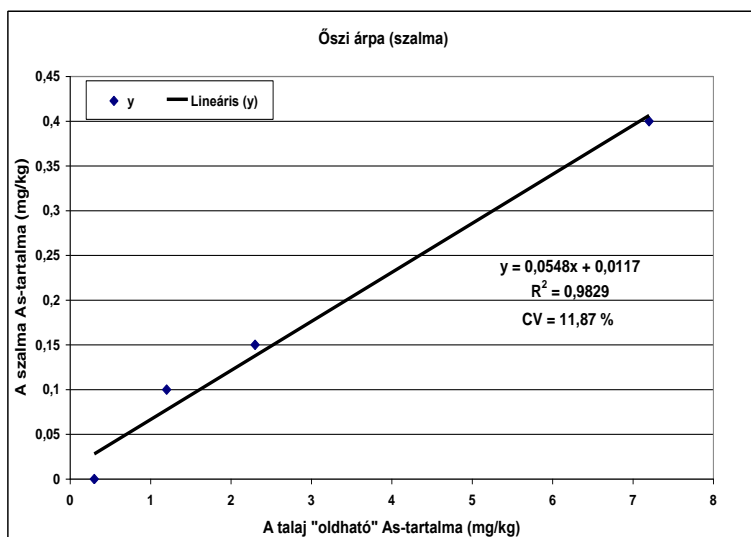
A talajmintavétel a felső 0-25 cm-es rétegből kézi botfűróval történt. 20-20 pontminta (leszúrás) reprezentált egy-egy átlagmintát. Az „oldható” elemtartalom meghatározása NH_4 -acetát + EDTA kioldással (LAKANEN-ERVIŐ, 1971), az „összes” elemtartalom meghatározása cc. HNO_3 + cc. H_2O_2 feltárással (VÁRALLYAY et al., 1995) történt.

A növény- és talajminták esetén az elemanalízist az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet ICP laboratóriuma végezte ICP-AES plazmaemissziós spektrofotométerrel.

A talaj és a növények arzéntartalmának összefüggés-vizsgálata regresszió analízissel végeztük. A regresszió analízis mellett a szórások jellemzésére a variációs koefficiensek (CV) értékét is meghatároztuk, amelyek alapján a regressziós kapcsolatot leíró függvény matematikai modellként történő alkalmazhatósága volt értékelhető. Az összefüggés-vizsgálatok alapján nyert függvénykapcsolatok és az abból levont következtetések tájékoztató jellegűek, hiszen az összefüggés-vizsgálat a kísérlet sajátosságából adódóan csak a mérések 4-4 átlageredményére terjedhetett ki.

Eredmények

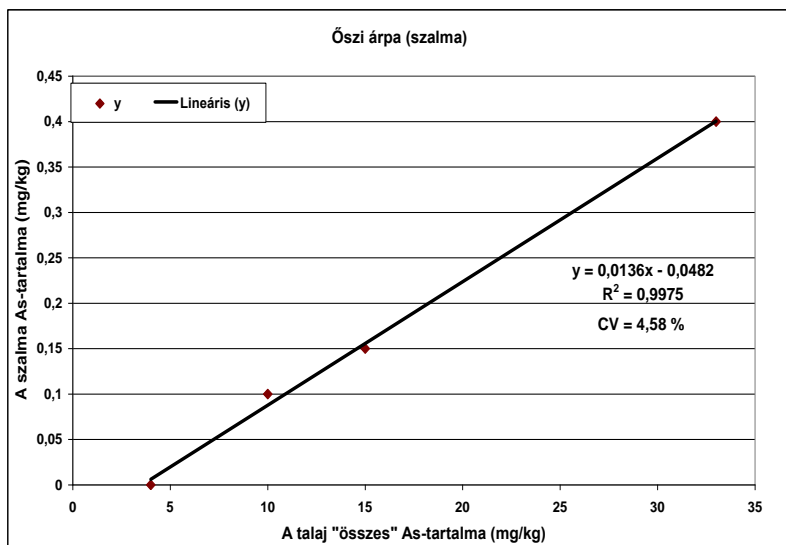
Az őszi árpa és a lucerna As-tartalmának a talaj „oldható”, illetve „összes” elemtartalmával való összefüggés-vizsgálatának eredményeit az 1-6. ábra mutatja be. A kísérleti körülmények között, a talaj vizsgált nehézfémkoncentráció tartományában a talaj As-tartalma az őszi árpa szalma és a lucerna esetén lineáris, az őszi árpa szemnél logaritmikus kapcsolatot mutatott a növényi As-tartalommal. Mindkét növény esetén szoros összefüggés volt kimutatható a talaj és növény As-tartalma között.



1. ábra: Az As-akkumuláció alakulása az őszi árpa szalma esetén a talaj „oldható” As-tartalmának függvényében, csernozjom barna erdőtalaj, Mátraalja, Tass-pusztá, 2001

Forrás: kísérleti adatok alapján saját szerkesztés, 2011

Az As-akkumuláció alakulását az őszi árpa szalma esetén a talaj „oldható” As-tartalmának függvényében az 1. ábra, a talaj „összes” As-tartalmának függvényében a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra: Az As-akkumuláció alakulása az őszi árpa szalma esetén a talaj „összes” As-tartalmának függvényében, csernozjom barna erdőtalaj, Mátraalja, Tass-pusztá, 2001

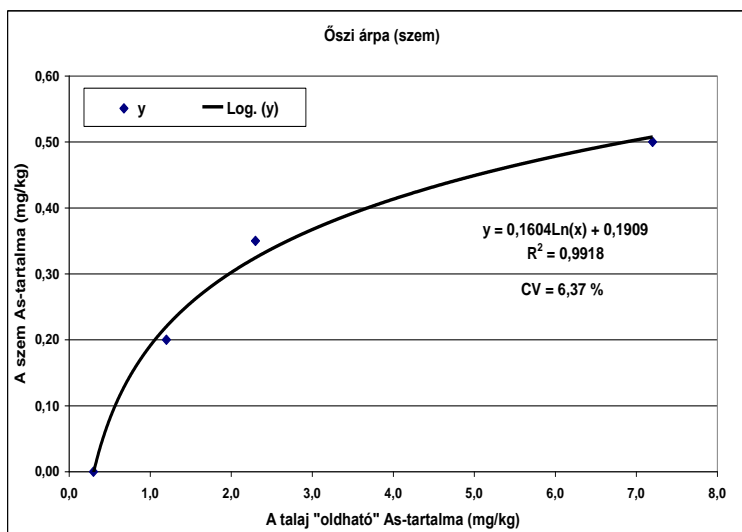
Forrás: kísérleti adatok alapján saját szerkesztés, 2011

A lineáris regressziós egyenletek szerint az őszi árpa szalma a 44/2003. (IV. 26.) FVM rendeletben a takarmányokra megadott 2 mg/kg-os határértéket a talaj 150 mg/kg „összes” és 36 mg/kg „oldható” As-tartalom mellett éri el.

Az As-akkumuláció alakulását az őszi árpa szemtermése esetén a talaj „oldható” As-tartalmának függvényében a 3. ábra, a talaj „összes” As-tartalmának függvényében a 4. ábra mutatja.

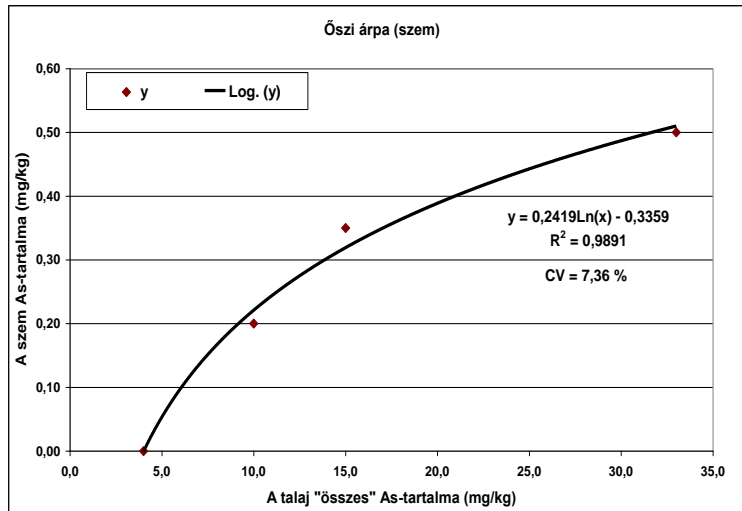
A logaritmusos függvénykapcsolat szerint az őszi árpa szemben az As-akkumuláció mértéke a talaj As-tartalmának azonos szorzatos (százalékos) növekedésével additívan növekszik. A modell szerint az árpa szemtermése az emberi fogyasztásra megadott 0,1 mg/kg határértéket a talaj 6 mg/kg „összes”, illetve 0,6 mg/kg „oldható” As-tartalma mellett éri el. Az árpa szem a takarmányozási célú felhasználására megadott 2 mg/kg határértéket a modell szerint a talaj mg/kg-ban meghatározott tízezres nagyságrendű As-tartalma mellett érhetné csak el. Az árpa szemtermése védett az As-szennyezéssel szemben.

A lucerna esetén az As-akkumuláció alakulását a talaj „oldható” As-tartalmának függvényében az 5. ábra, a talaj „összes” As-tartalmának függvényében a 6. ábra mutatja.



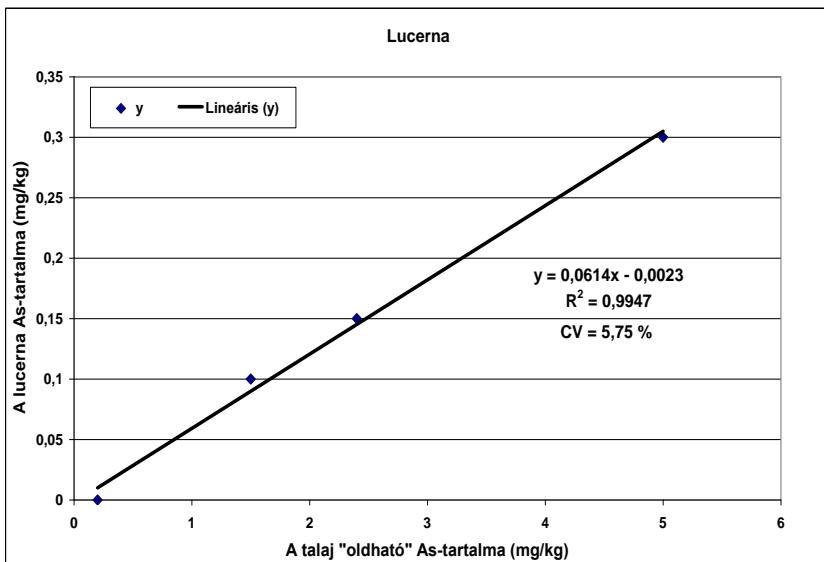
3. ábra: Az As-akkumuláció alakulása az őszi árpa szem esetén a talaj „oldható” As-tartalmának függvényében, csernozjom barna erdőtalaj, Mátraalja, Tass-pusztta, 2001

Forrás: kísérleti adatok alapján saját szerkesztés, 2011

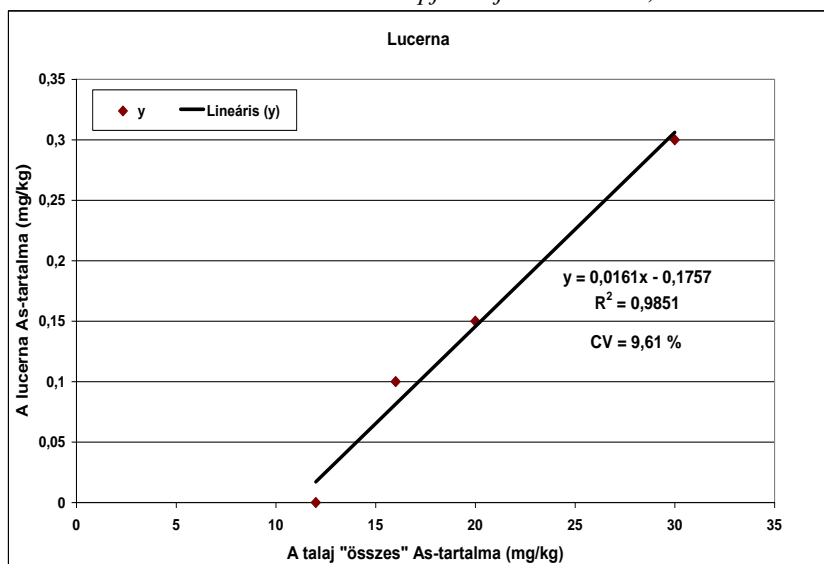


4. ábra: Az As-akkumuláció alakulása az őszi árpa szem esetén a talaj „összes” As-tartalmának függvényében, csernozjom barna erdőtalaj, Mátraalja, Tass-pusztta, 2001

Forrás: kísérleti adatok alapján saját szerkesztés, 2011



5. ábra: Az As-akkumuláció alakulása a lucerna esetén a talaj „oldható” As-tartalmának függvényében. csernozjom barna erdőtalaj, Mátraalja, Tass-pusztá, 2007
 Forrás: kísérleti adatok alapján saját szerkesztés, 2011



6. ábra: Az As-akkumuláció alakulása a lucerna esetén a talaj „összes” As-tartalmának függvényében. csernozjom barna erdőtalaj, Mátraalja, Tass-pusztá, 2007
 Forrás: kísérleti adatok alapján saját szerkesztés, 2011

A lineáris regressziós egyenletek szerint a lucerna a 44/2003. (IV. 26.) FVM rendeletben a takarmányokra megadott 2 mg/kg-os határértéket 135 mg/kg „összes” és 53 mg/kg „oldható” As-tartalom mellett éri el. A 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet az összes elemtartalom vonatkozásában az arzén esetén a szennyezettségi

határértéket 15 mg/kg-ban jelöli meg. Ezt a határértéket a talaj 944 mg/kg „összes” és 244 mg/kg „oldható” As-tartalom mellett éri el.

Következtetések, javaslatok

A talaj vizsgált nehézfémkoncentráció tartományában a talaj „oldható” (NH₄-acetát + EDTA oldható), illetve „összes” (cc. HNO₃ + cc. H₂O₂ oldható) As-tartalma az őszi árpa szalma és a lucerna esetén lineáris, az őszi árpa szemnél logaritmikus kapcsolatot mutatott a növényi As-tartalommal. Mindkét növény esetén szoros összefüggés volt kimutatható a talaj és növény As-tartalma között. A kísérleti eredmények szerint az As-dúsulás intenzitása az őszi árpa és a lucerna esetén közel azonosnak bizonyult.

A jelzőnövények és a talaj szántott rétegének arzéntartalma közötti összefüggések vizsgálata, az összefüggésvizsgálat eredményei az egyes kísérleti növényeknél lehetőséget teremtettek a talajszennyezettségi határértékek felülvizsgálatára, annak érdekében, hogy az arzéndúsulás a növényekben az egészségügyi határértékeket ne lépje át.

A vizsgált elemek földtani szennyezettségi határértékeit tartalmazó 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendeletben az arzénra megadott 15 mg/kg-os talajszennyezettségi határkoncentráció az őszi árpa szalma esetén megfelelő védelmet biztosít, hiszen a talajszennyezettségi határérték esetén a szalma számított As-tartalma csak 0,15 mg/kg. A modell szerint az őszi árpa szemtermése a talaj arzénre meghatározott szennyezettségi határértéke mellett 0,32 mg/kg, ami meghaladja az élelmiszerek vegyi szennyezettségének megengedhető mértékéről szóló 17/1999. (VI. 16.) EüM rendeletben meghatározott 0,1 mg/kg-os egészségügyi határértéket. Az összefüggés-vizsgálat alapján javasolt talajszennyezettségi határkoncentráció 15 mg/kg helyett 6 mg/kg.

A lucerna a Magyar Takarmánykódex kötelező előírásairól szóló 44/2003. (IV. 26.) FVM rendeletben a megadott 2 mg/kg-os határértéket 135 mg/kg „összes” és 32 mg/kg „oldható” As-tartalom mellett éri el. A lucerna esetén a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM rendelet megfelelő védelmet biztosít.

Hivatkozott források

- [1.] Adriano, D. C. (1986): Trace Elements in the Terrestrial Environment. Springer - Verlag, New York - Berlin - Heidelberg - Tokyo, 533 p.
- [2.] Alloway, B. J. (ed.) (1990): Heavy Metals in Soils. Blackie and Son Ltd. Glasgow and London. 7-28. p.
- [3.] Csathó P. (1994b): Nehézfém- és egyéb toxikuselem-fogalom a talaj-növény rendszerben. Agrokémia és Talajtan 43:371-398. p.
- [4.] Fodor L. (2002): Nehézfémek akkumulációja a talaj-növény rendszerben. Doktori (PhD) értekezés. VE Georgikon Mezőgazdaság Tudományi Kar, Keszthely, 141. p.
- [5.] Kádár I. (1991): A talajok és növények nehézfém-tartalmának vizsgálata. KTM, MTA TAKI. Budapest. 84. p.
- [6.] Kádár I. (1993): Talajaink mikroelem ellátottságának környezeti összefüggései. In: MTA Agrártudományok Osztályának Tájékoztatója. 102-106. p.
- [7.] Kádár I. (1995): A talaj-növény-állat-ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon. KTM-MTA TAKI. Budapest. 388. p.

- [8.] Kádár I. (1996a): Zárójelentés a „környezetünk nehézfém terhelésének vizsgálata 1994-1996” c. témában elért 1996 évi kutatásokról. Kézirat. MTA TAKI. Budapest. 40. p.
- [9.] Kádár I. (1996b): Jelentés „A különböző nehézfémekkel beállított tartamkísérletek eltérő kezelési parcelláinak talajszelvényében található nehézfémek mérése, mélységi elmozdulásának vizsgálata és a vizsgálati eredmények értékelése” c. témában. Kézirat. MTA TAKI. Budapest. 15. p.
- [10.] Kádár I. (2001): A tápláléklánc szennyeződése nehézfémekkel, mikroelemekkel. *Magyar Tudomány*. 5: 566-575. p.
- [11.] Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium (KvVM) (2010): Hazánk környezeti állapota. Készült a Fővárosi Levegőtisztaság-védelmi Kft. gondozásában. Budapest. 223.p.
- [12.] Lakanen, E., Erviö, R. (1971): A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soil. *Acta Agr. Fenn.* 123: 223-232. p.
- [13.] Pais I. (1980): A mikrotápanyagok szerepe a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- [14.] Shroeder, H. A. - Balassa J. J. (1961): Abnormal trace metals in man: Cadmium. *J. Chron. Diseases* 14:236-258. p.
- [15.] Simon L. (1999): Fitoremediáció. In: Simon L.(szerk.) Talajszennyeződés, talajtisztítás. Környezetügyi Műszaki Gazdasági Tájékoztató. 5. kötet. Budapest. 221. p.
- [16.] Stefanovits P. - Filep GY. - Fülekgy GY. (1999): Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 363-370 p.
- [17.] Szabó L. (szerk.) (1998): Növénytermesztés és a környezet. Tan-Grafix Művészeti, Szolgáltató és Kiadó Kft. Budapest. 381. p.
- [18.] Várallyay GY. (1990): Soil quality and land use. In: State of the Hungarian environment. (Eds: Hinrichsen, D. and Enyedi, Gy.) Hungarian Academy of Sciences - Ministry of Environment - CSO of Hungary. Budapest. 91-123. p.
- [19.] Várallyay Gy. (szerk.) (1995): Talajvédelmi információs és monitoring rendszer I. Módszertan. FM Növényvédelmi és Agrár-környezetgazdálkodási Főosztály, Budapest. 92 p.

Szerző(k):

Dr. Szegedi László PhD.

főiskolai docens

Károly Róbert Főiskola, Gyöngyös

lszegedi@kaolyrobert.hu

Béltéki Ildikó

Károly Róbert Főiskola, Gyöngyös

ibelteki@karolyrobert.hu

Fodorné Fehér Erika

középiskolai tanár

Mátra Erdészeti, Mezőgazdasági és Vadgazdálkodási Szakképző Iskola és Kollégium
Gyöngyös-Mátrafüred

matraszakkepzo@freemail.hu