



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

A TALAJ ÉS A NÖVÉNYEK KADMIUMTARTALMÁNAK 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 árpát (*Hordeum vulgare* L.), nyolcadik évében fehér mustárt (*Sinapis alba* L.) termesztettünk. A talaj és a növények kadmiumtartalmának összefüggés vizsgálatához mindkét kísérleti évben meghatároztuk a jelzőnövények és a talaj szántott rétegének kadmiumtartalmát. A talaj vizsgált nehézfémkoncentráció tartományában a talaj „oldható” (NH₄-acetát + EDTA oldható), illetve „összes” (cc. HNO₃ + cc. H₂O₂ oldható) Cd-tartalma az őszi árpa szalma és a mustár esetén lineáris, az őszi árpa szemnél logaritmikus kapcsolatot mutatott a növényi Cd-tartalommal. Mindkét növény esetén szoros összefüggés volt kimutatható a talaj és növény Cd-tartalma között. A 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendeletben a kadmiumra megadott talaj szennyezettségi határérték az őszi árpánál megfelelő védelmet biztosít, hiszen a kadmiumra vonatkozó szennyezettségi határérték (1 mg/kg) esetén a szalma számított Cd-tartalma 0,21 mg/kg, a szem esetén pedig a modell szerint nincs Cd-akkumuláció. A modell szerint a mustár esetén a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendeletben a kadmiumra megadott talajszennyezettségi határkoncentráció (1 mg/kg) nem biztosít megfelelő védelmet, hiszen a szennyezettségi határérték esetén a mustár számított Cd-tartalma 1,3 mg/kg. A kísérleti eredmények a kadmium vonatkozásában a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendeletben meghatározott szennyezettségi határértékek felülvizsgálatát indokolják. A kísérletek alapján a javasolt talajszennyezettségi határkoncentráció 1 mg/kg helyett 0,5 mg/kg.*

Kulcsszavak: talajszennyezés, őszi árpa, fehér mustár, akkumuláció

Jel kód: Q19

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 eighth year we planted white mustard (*Sinapis alba* L.). For the correlation test of the cadmium content of the soil and the plants we determined the cadmium content of the indicator plants and the plowed layer of the soil in both experimental years. In the examined range of heavy metal concentration of the soil, the solute (NH₄-acetate + EDTA solute) and the total (cc. HNO₃ + cc. H₂O₂ solute) cadmium contents are linear in the case of winter barley straw and white mustard, while there is a logarithmic relationship with the plant's cadmium content in the case of winter barley grains. In the case of both plants, there was a strong relationship between the cadmium content of the soil and the plant. In the case of winter barley, the limit value regarding the cadmium content of the soil, determined in the*

6/2009. (IV.14.) Regulation of the Ministries of Environment- Rural Development, Health and Agriculture-Rural Development, provides sufficient protection; since the pollution limit values regarding cadmium (1mg/kg) result in 0.21 mg/kg cadmium content in the case of straw, and there is no accumulated cadmium content concerning the grain. According to the model, in the case of white mustard, the limit concentration regarding the cadmium content of the soil (1mg/kg), determined in the 6/2009. (IV.14.) Regulation of the Ministries of Environment- Rural Development, Health and Agriculture-Rural Development, does not provide sufficient protection; as the calculated cadmium content of mustard is 1.3 mg/kg at the given limit value. The results of the experiments would require the review of the cadmium limit values provided in the 6/2009. (IV.14.) Regulation of the Ministries of Environment- Rural Development, Health and Agriculture-Rural Development. According to the experiments a limit concentration of 0.5 mg/kg is suggested, instead of the previous value of 1mg/kg.

Keywords: soil pollution, winter barley, white mustard, 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.

A kadmium átlagos mennyisége a litoszférában 0,18 mg/kg. A talajvízben 0,01-180 mg/dm³ kadmium található. A szennyezetlen talajok kadmiumtartalma 0,06-1,1 mg/kg között változik, a világátlag a felszíni talajokban 0,53 mg/kg. Ennél magasabb kadmiumtartalom általában már emberi tevékenység következtében fellépő szennyeződésnek tulajdonítható, amit több szerző igazolt. (ALLOWAY, 1990; ADRIANO, 1986; KABATA-PENDIAS és PENDIAS, 2001; KÁDÁR, 1991; SIMON 1999)

A magyarországi talajok összes kadmiumtartalma a genetikai felső szintben a vizsgált területek 93%-án 0,1-0,7 mg/kg közötti érték, ami a jogszabályokban előírt 1 mg/kg szennyezettségi határértékhez viszonyítva kedvezőnek tekinthető. Az átlagos kadmiumtartalom legnagyobb a közethatású és a láptalajokban. Magasabb mennyiségek nem emberi tevékenységből származó másodlagos szennyeződés eredményeként fordulnak elő (KvVM, 2010).

A kadmium talajban nem mozog, általában csak addig a mélységig jut le a talajprofilban, ameddig a talajműveléssel bedolgozták, ezért a felső szántott rétegben veszélyes mértékben feldúsulhat. A kadmium a talajban többféle kémiai formában lehet: a talajoldatban oldott állapotban, kolloid felületeken adszorbeáltan, talajásványokba zárva okklúzióval, csapadék formájában és szerves kötésben. A kadmium különböző kémiai formák közötti megoszlása a talajban meghatározó a kadmium növényi felvehetőségében

(FILEP, 1998; FODOR et al., 2007; KÁDÁR, 1991, 1995; SPOSITO, 1983; SIMON 1999, 2006).

A kadmium a növények számára könnyen felvehető és a növényen belül is gyorsan szállítódik. A növények sokszor látható mérgezési tünetek nélkül nagy mennyiségben halmozzák fel a kadmiumot, így az könnyen a táplálékláncba kerül. Könnyű növényi felvehetősége, látható tünetek nélküli felhalmozódása és a táplálékláncre gyakorolt mérgező és rákkeltő hatása miatt a kadmium az egyik legveszélyesebb nehézfémnek tekinthető (ALLOWAY, 1990; ADRIANO, 1986; FODOR et al., 2005; KÁDÁR, 1991, 1995, 1996a, 1996b; LEHOCZKY et al., 1996; SIMON 1999, 2006).

A kadmium növényi szervezetre gyakorolt pozitív élettani hatása még kellően nem bizonyított. Szennyezetlen talajokon termesztett növényekben általában 0,3-0,5 mg/kg-nál kevesebb kadmium található. 5-20 mg/kg közötti növényi kadmium tartalom általában már toxikus tüneteket okoz. A toxikusság a növények gátolt növekedésében, károsodott gyökérzetében és klorotikus tünetekben mutatkozik meg. A kadmium gátolja a fotoszintézist és a transzspirációt, akadályozza az esszenciális mikroelemek felvételét és szállítását (ADRIANO, 1986; KÁDÁR, 1991, 1995, 1996a, 1996b, 1999; FODOR, 2002; KABATA-PENDIAS és PENDIAS, 2001; PAIS 1980, 1999; SIMON 1999, 2006).

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 kispárcellás 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 nehézfémek egyike a kadmium 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 táplálékláncre 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 1991, 1995; SZABÓ 1998).

Anyag és módszer

A szabadföldi kispárcellás 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. (1. táblázat)

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 szétszórtuk 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-pusztja, 1994.)

Elemjele	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

A kísérletben a következő jelzőnövényeket használtuk fel: 1995-ben őszi búza (Triticum aestivum), 1996-ban kukorica (Zea mays L.), 1997-ben napraforgó (Helianthus annuus L.), 1998-ban borsó (Pisum sativum L.), 1999-ben silócirok (Sorghum bicolor L.), 2001-ben őszi árpa (Hordeum vulgare L.), 2002-ben fehér mustár (Sinapis alba L.), 2003-ban rostkender (Cannabis sativa L.) és 2005-2008 között lucerna (Medicago sativa L.). A jelzőnövények és szántott talajréteg kadmiumtartalmának összefüggés vizsgálata esetén matematikailag igazolható összefüggés az őszi árpa és a fehér mustár esetén volt kimutatható.

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 mustárnál a zöldbimbós, illetve az aratás előtti állapotban. 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 botfúróval történt. 20-20 pontminta (leszúrás) reprezentált egy-egy átlagmintát. Az „oldható” elemtartalom meghatározása NH₄-acetát + EDTA kioldással

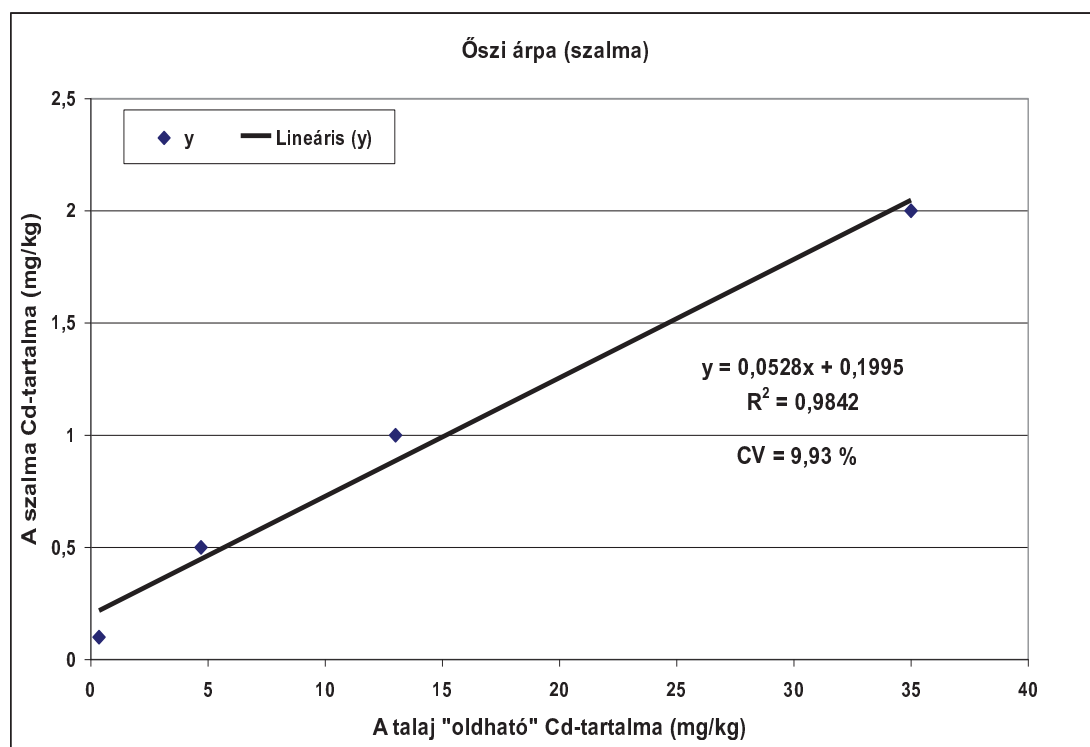
(LAKANEN-ERVIÖ, 1971), az „összes” elemtartalom meghatározása cc. HNO₃ + cc. H₂O₂ feltárással (VÁRALLYAY et al., 1995) történt. A növény- és talajminták esetén az elemvizést az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet ICP laboratóriuma végezte ICP-AES plazmaemissziós spektrofotométerrel.

A talaj és a növények kadmiumtartalmának 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.

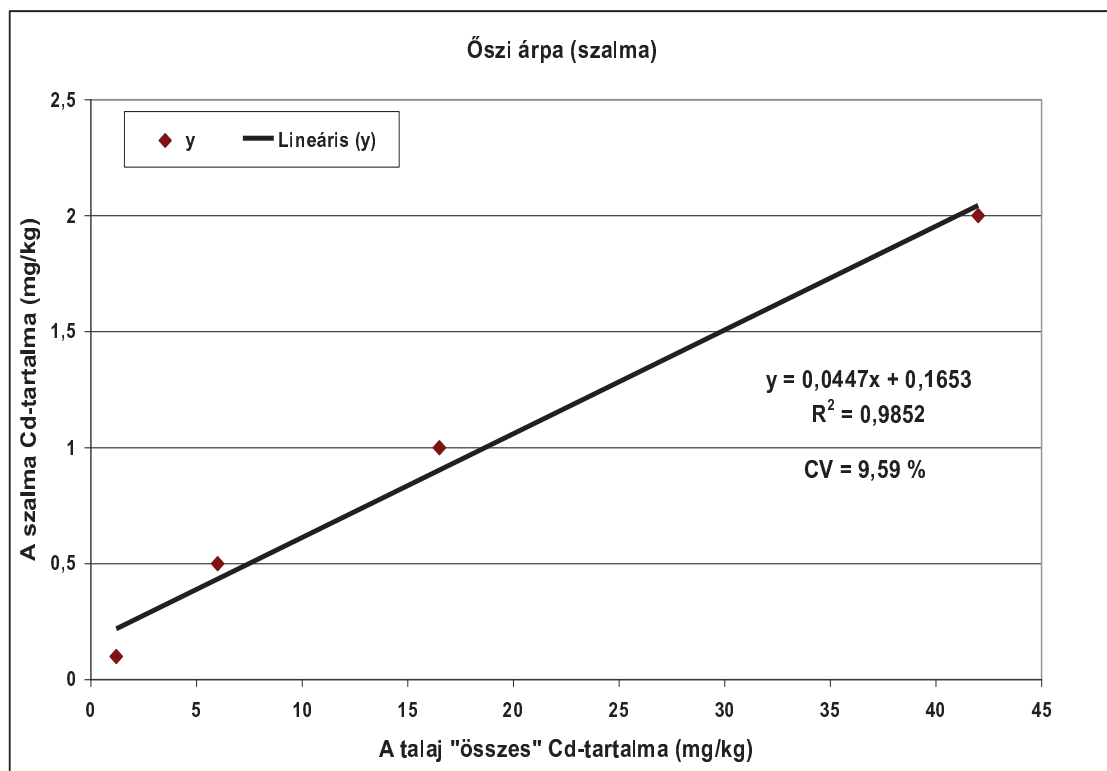
Eredmények

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

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



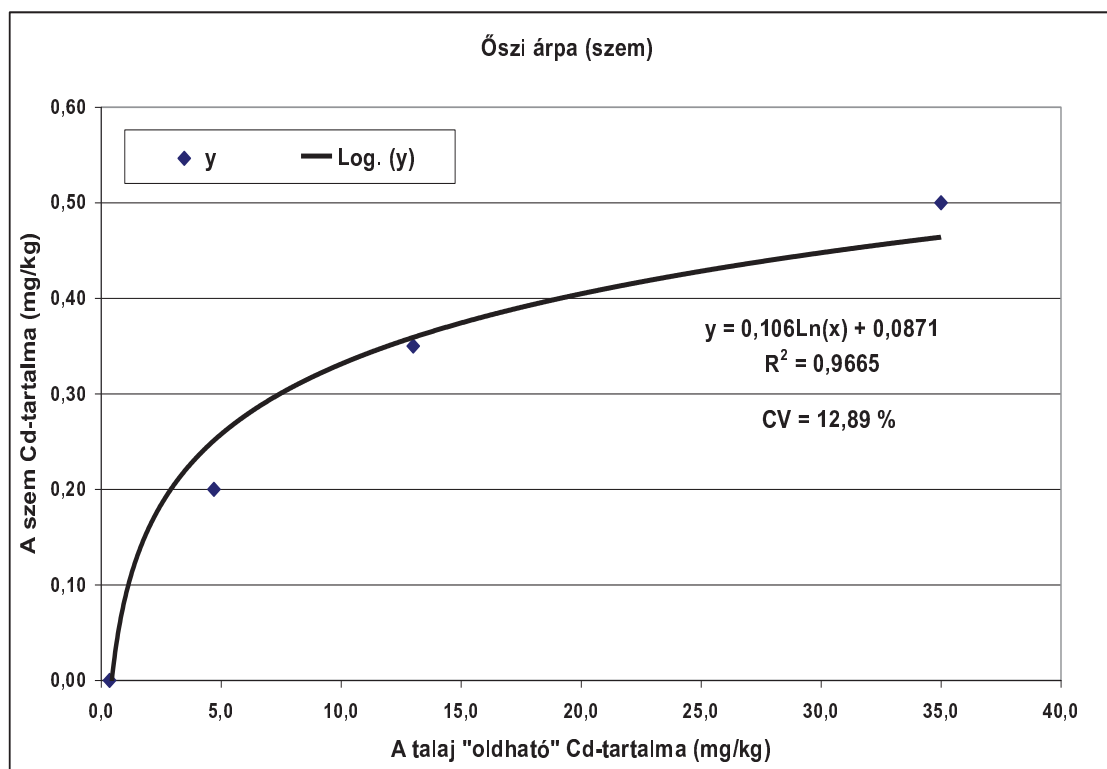
1. ábra: A Cd-akkumuláció alakulása az őszi árpa szalma esetén a talaj „oldható” Cd-tartalmának függvényében (csernozjom barna erdőtalaj, Mátraalja, Tass-pusztá, 2001).



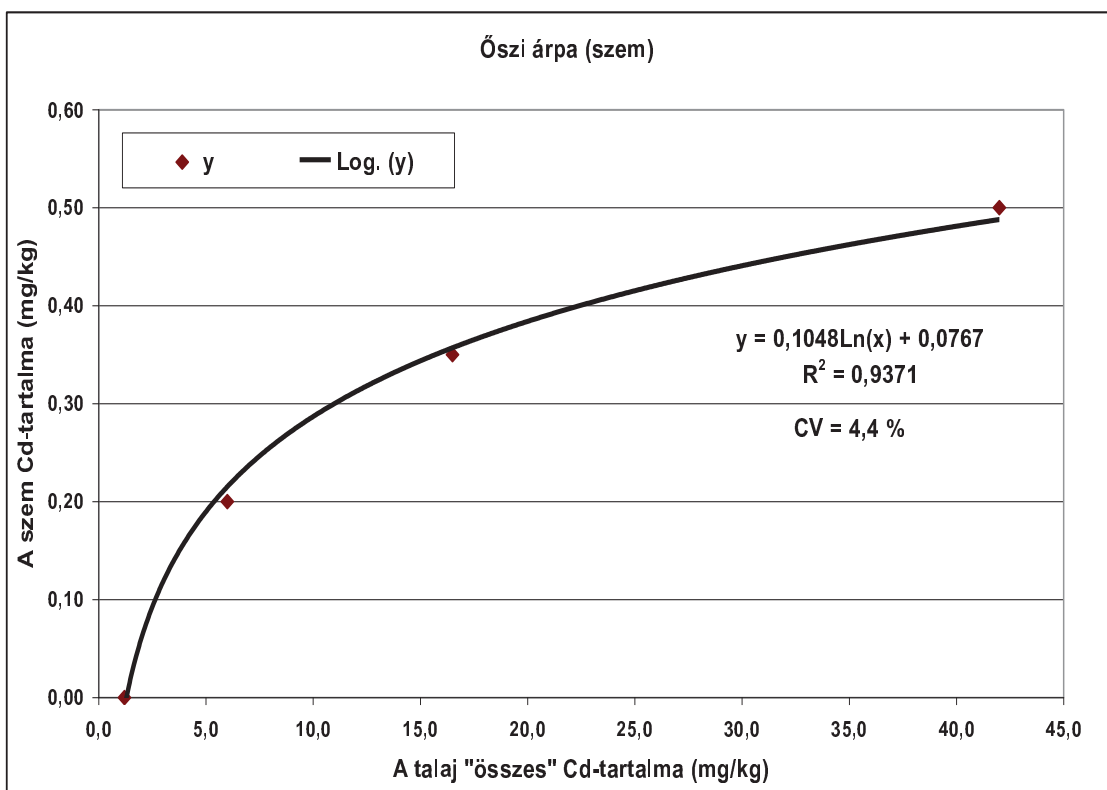
2. ábra: A Cd-akkumuláció alakulása az őszi árpa szalma esetén a talaj „összes” Cd-tartalmának függvényében (csernozjom barna erdőtalaj, Mátraalja, Tass-pusztá, 2001).

A lineáris regressziós egyenletek szerint az őszi árpa szalma a takarmányokra megadott 0,5 mg/kg-os határértéket 7,5 mg/kg „összes” és 5,5 mg/kg „oldható” Cd-tartalom mellett éri el.

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



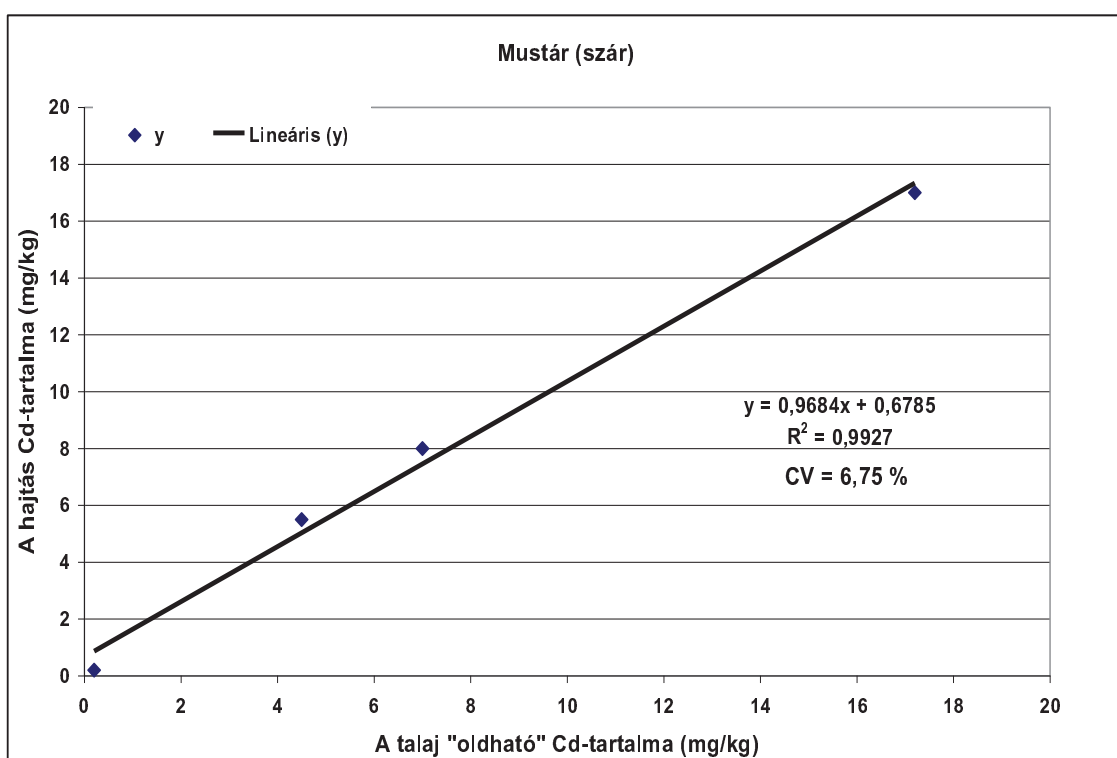
3. ábra: Az As-akkumuláció alakulása az őszi árpa szem esetén a talaj „oldható” As-tartalmának függvényében (csernozjom barna erdőtalaj, Mátraalja, Tass-puszta, 2001).



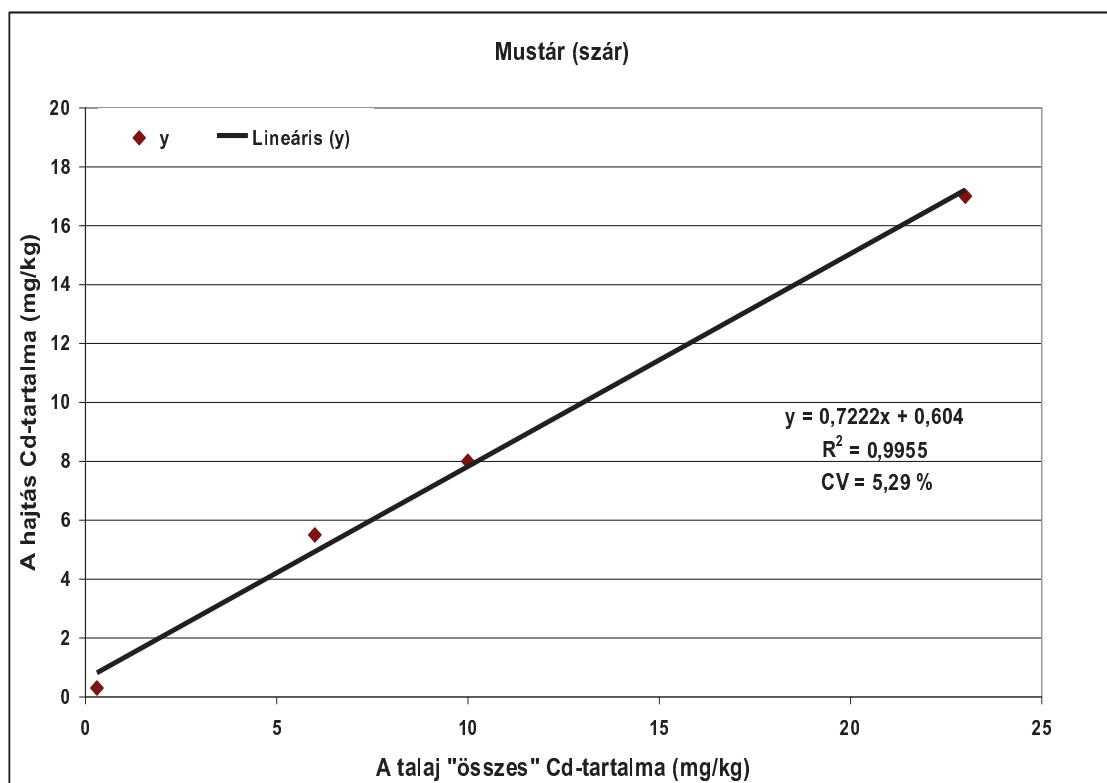
4. ábra: A Cd-akkumuláció alakulása az őszi árpa szem esetén a talaj „összes” Cd-tartalmának függvényében (csernozjom barna erdőtalaj, Mátraalja, Tass-puszta, 2001).

A logaritmusos függvénykapcsolat szerint az őszi árpa szemben a Cd-akkumuláció mértéke a talaj Cd-tartalmának azonos szorzatos (százalékos) növekedésével additívan növekszik. A modell szerint az árpa szemtermése a lisztre megadott 0,1 mg/kg határértéket a talaj 2,65 mg/kg „összes”, illetve 1,15 mg/kg „oldható”, az étkezési korpára megadott 0,2 mg/kg határértéket a talaj 5,4 mg/kg „összes”, illetve 2,95 mg/kg „oldható” Cd-tartalma mellett éri el. Az árpa szem a takarmányozási célú felhasználására megadott 0,5 mg/kg határértéket a modell szerint a talaj 46 mg/kg „összes” és 40 mg/kg „oldható” Cd-tartalma mellett érné el. Az árpa szemtermése nem védett a kadmium szennyezéssel szemben, azonban a Cd-akkumuláció intenzitása a szalmával szemben a talaj növekvő Cd-szennyezettségével logaritmusosan csökken.

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



5. ábra: A Cd-akkumuláció alakulása a mustár esetén a talaj „oldható” Cd-tartalmának függvényében (csernozjom barna erdőtalaj, Mátraalja, Tass-puszta, 2002).



6. ábra: A Cd-akkumuláció alakulása a mustár esetén a talaj „összes” Cd-tartalmának függvényében (csernozjom barna erdőtalaj, Mátraalja, Tass-puszta, 2002).

A mustár szár és a talaj Cd-tartalma közötti lineáris összefüggés matematika modellnek tekinthető. A regressziós koefficiensek értéke azt mutatja, hogy a mustár Cd-akkumulációjának intenzitása két nagyságrenddel nagyobb az őszi árpánál meghatározott értékeknél. A lineáris regressziós egyenletek szerint a mustár a takarmányokra megadott 0,5 mg/kg-os határértéket a talaj 0,65 mg/kg „összes” és 0,5 mg/kg „oldható” Cd-tartalma körül éri el.

Következtetések, javaslatok

A 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendeletben a kadmiumra megadott talaj szennyezettségi határérték az őszi árpánál a takarmány- és táplálkozáscélú felhasználás esetén megfelelő védelmet biztosít, hiszen a kadmiumra vonatkozó szennyezettségi határérték (1 mg/kg) esetén a szalma számított Cd-tartalma 0,21 mg/kg, a szem esetén pedig a modell szerint nincs Cd-akkumuláció. A modell szerint a mustár esetén a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendeletben a kadmiumra megadott talajszennyezettségi határkoncentráció (1 mg/kg) nem biztosít megfelelő védelmet, hiszen a szennyezettségi határérték esetén a mustár számított Cd-tartalma 1,3 mg/kg, azaz meghaladja a takarmánycélú felhasználhatóságra megadott 1 mg/kg, valamint a táplálkozáscélú felhasználhatóságra megadott 0,1 mg/kg határértéket.

A kísérleti eredmények a kadmium vonatkozásában a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendeletben meghatározott szennyezettségi határértékek felülvizsgálatát

indokolják. Az általunk javasolt talajszennyezettségi határkoncentráció 1 mg/kg helyett 0,5 mg/kg.

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.] FODOR L. (2002): Nehézfémek akkumulációja a talaj-növény rendszerben. Doktori (PhD) értekezés. VE Georgikon Mezőgazdaság Tudományi Kar, Keszthely, 141. p.
- [4.] FODOR L., SZABÓ L., SZEGEDI L. (2005): Effects of microelement loads on winter barley grown on brown forest soil. In: Simon, L. (ed.) Innovation and Utility in the Visegrad Fours. Proceedings of the International Scientific Conference. Vol. 1. Environmental Management and Environmental Protection. Continent –Ph Ltd., Nyíregyháza. ISBN 963 86918 1 6. 19-24. p.
- [5.] FODOR L., SZEGEDI L., FODORNÉ FEHÉR E. (2007): Study of cadmium transport in the soil plant system. In: Németh, T. - Koós, S. (eds.) Program and Abstract Book of the 10th Int. Symp. on Soil and Plant Analysis. HAS-RISSAC-SPAC, Budapest. ISBN 978-963-06-2678-1. p. 173. p.
- [6.] KABATA-PENDIAS, A. PENDIAS, H. (2001): Trace Elements in Soils and Plants (3rd edition). CRC Press LLC. Boca Raton, London, New York, Washington, D.C.
- [7.] FILEP GY. (1998): Behaviour and fate of pollutants in soil. In: Soil Pollution (Ed.: Filep, Gy.). Agricultural University of Debrecen. Debrecen. 301. p.
- [8.] KÁDÁR I. (1991): A talajok és növények nehézfém tartalmának vizsgálata. KTM, MTA TAKI. Budapest. 84. p.
- [9.] KÁDÁR I. (1995): A talaj-növény-állat-ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon. KTM-MTA TAKI. Budapest. 388. p.
- [10.] KÁDÁR I. (1996a): Zárójelentés a „környezetünk nehézfém terhelésének vizsgálata 1994-1996” c. témában elért 1996 évi kutatásokról. Kézirat. MTA TAKI. Budapest. 40. p.
- [11.] KÁDÁR I. (1996b): Jelentés „A különböző nehézfémekkel beállított tartamkísérletek eltérő kezeléssel parcelláinak talajszelvényében található nehézfémek mérése, mélységi elmozdulásának vizsgálata és a vizsgálati eredmények értékelése” c. témában. Kézirat. MTA TAKI. Budapest. 15. p.
- [12.] KÖRNYEZETVÉDELMI ÉS VÍZÜGYI MINISZTERIUM (KvVM) (2010): Hazánk környezeti állapota. Készült a Fővárosi Levegőtisztaság-védelmi Kft. gondozásában. Budapest. 223.p.
- [13.] 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.
- [14.] LEHOCZKY É., SZABADOS I., MARTH P. (1996): Cadmium content of plants as affected by soil cadmium concentration. Soil Sci. Plant Anal. 27. (5-8), 1765-1777. p.
- [15.] PAIS I. (1980): A mikrotápanyagok szerepe a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.

- [16.] PAIS I. (1999): A mikroelemek jelentősége az életben. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- [17.] SIMON L. (1999): Fitoremediáció. In: Simon L.(szerk.) Talajszennyeződés, talajtisztítás. Környezetügyi Műszaki Gazdasági Tájékoztató. 5. kötet. Budapest. 221. p.
- [18.] SIMON L. (2006): Toxikus elemek akkumulációja, fitoindikációja és fitoremediációja a talaj-növény rendszerben. MTA Doktori értekezés. Nyíregyháza. 158 p.
- [19.] SPOSITO, G. (1983): The Chemical Forms of Trace Metals in Soils. In: Applied Environmental Geochemistry. (Ed.: THORTON, I.) London: Academic Press. 123-170. p.
- [20.] SZABÓ L. (szerk.) (1998): Növénytermesztés és a környezet. Tan-Grafix Művészeti, Szolgáltató és Kiadó Kft. Budapest. 381. p.
- [21.] Várallyay Gy. (szerk.) (1995): Talajvédelmi információs és monitoring rendszer I. Módszertan. FM Növényvédelmi és Agrár-környezetgazdálkodási Főosztály, Budapest. 92 p.

Szerzők:

Szegedi László, PhD
 egyetemi docens
 Károly Róbert Főiskola
lszegedi@karolyrobert.hu

Béltéki Ildikó
 Károly Róbert Főiskola
ibelteki@karolyrobert.hu

Fodorné Fehér Erika
 FM ASzK - Mátra Erdészeti, Mezőgazdasági és Vadgazdálkodási Szakképző Iskolája és Kollégiuma
matraszakkepzo@freemail.hu

