



Molibdén vizsgálata a táplálékláncban statisztikai módszerekkel

Ráthonyi G.¹, Várallyai L.¹, Kovács B.²

¹Debreceni Egyetem AMTC GVK, 4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

²Debreceni Egyetem AMTC MTK, 4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

ÖSSZEFOGLALÁS

A XX. század végére az informatika, különösen az alkalmazott informatika olyan jelentős fejlődésen ment keresztül, ami többek között lehetővé tette azt is, hogy a talaj szennyezését számítógépes rendszerekkel figyelemmel kísérjük. Ennek jelentőségét indokolja, hogy a talajt legfőképp rovarirtó szerekkel, hulladékokkal, nitrogén- és foszfortartalmú műtrágyákkal szennyezik, melyek a növényeken keresztül közvetlenül vagy közvetett (növényevő állatok) módon bekerülnek táplálékainkba, és az ily módon szennyezett táplálékok megbetegíthetik létfontosságú szerveinket. A fent említett szennyezések feltárása érdekében végzett kísérletek adatait gyorsan és pontosan fel tudjuk dolgozni, aminek következtében mára számos új információra tehetünk szert. Ezen értékes információk tudatában, a megfelelő intézkedéseket meghozva, meg tudjuk akadályozni, hogy a károsító mikroelemek – természetesen egyéb elemek is – feldúsuljanak a táplálékláncban. Jelen cikkben a molibdén környezetszennyező és károsító hatását vizsgáltam az MTA-TAKI Nagyhőrcsöki Kísérleti Telepén beállított elemterhelési kísérlet mérési adatai alapján. Különböző statisztikai módszerek (leíró statisztika, korreláció) segítségével elemeztem a molibdén és más mikroelemek felvétele közötti kapcsolatát, valamint a különböző növényi szervekre (levél, mag) gyakorolt hatását.

(Kulcsszavak: multidiszciplináris tudomány, mikroelem-szennyezés, molibdén, tápláléklánc, adatfeldolgozás)

ABSTRACT

The examination of molybdenum in the food chain by statistic methods

G. Ráthonyi,¹ L. Várallyai,¹ B. Kovács²

¹University of Debrecen Centre for Agricultural Sciences and Engineering

Faculty of Applied Economics and Rural Development, H-4032 Debrecen, Böszörményi u. 138.

²University of Debrecen Centre for Agricultural Sciences and Engineering, Faculty of Agriculture

H-4032 Debrecen, Böszörményi u. 138.

The informatics - especially applied informatics - undergone a significant development at the end of XXth. century. This is allowed analyzing of soil pollution by computer controlled system. The importance of this explains the soil is polluted especially by pesticides, wastes, nitrogen and phosphorus fertilizer, which through plants get into our food direct and indirect way. In this way polluted foods can cause ill our vitally important organs. On account of opening of the mentioned pollution we can process the experimental data fast and exactly so we can get such a large number of new information. Being aware of this valuable information we can make indispensable arrangements and we can hinder the impairing micro-elements – other elements as well –

segregate in food chain. I studied the environmental pollutant affect of the molybdenum by elements load experiment in Nagyhörcsök Experimental Station. I analyzed the contact between the uptake of molybdenum and other micro-elements and its effect on plant organs (loaf, seed) using by different statistic methods.

(Keywords: multidisciplinary science, micro-elements pollution, molybdenum, food chain, data-processing)

BEVEZETÉS

Az utóbbi 100 évben – az ipari társadalom széles körű fejlődésével egyidejűleg – fokozatosan és egyre aggasztóbb módon megváltoztak azok a természeti egyensúlyok, amelyek az ös-ember óta kémiai szempontból sok tízezer éven keresztül gyakorlatilag változatlanok voltak.

Megjelentek életünkben a káros anyagok, amelyek bekerülnek a levegőbe, talajba, felszíni és felszín alatti vizeinkbe és az évek folyamán felhalmozódnak, amiket napjainkban is tapasztalhatunk. Ezzel beindult a tápláléklánc megfertőzése, de a világ felfigyelt erre a planetáris problémára és igyekszik megváltoztatni ezt a folyamatot.

Az ipari forradalmak, a technika robbanásszerű változása mellett a mikroelem szennyezés által okozott emberi károsodások is az érdeklődés középpontjába kerültek. Számos mikroelem található a talajokban, melyek egyrészt ott képződnek másrészt, az emberi tevékenység szülőttei. A szakszerűtlen talajhasználat, agrotechnika, a vállalatok felelőtlen szennyvízelvezetése, mind talajszennyezéshez vezet, mely feldúsítja a káros mikroelem tartalmát. Ezek következtében étrendünkbe bekerülnek olyan káros anyagok, melyek hatását már kimutatták, illetve a következő években fogjuk a saját bőrünkön érezni (levegő – talaj – növény – állat – ember tápláléklánc).

Olyan toxikus elemek, mint az ólom, kadmium, arzén, higany stb. dúsulása a környezetszennyezés legveszélyesebb formáját jelentik, ami alapvető egészségügyi, gazdasági és ökológiai jelentőséggel bír. Az említett mikroelemek felezési ideje a talajban rendkívül hosszú, akkumulációjuk a tápláléklánc, illetve az élő szervezetek visszafordíthatatlan károsodásához vezethet. Emberi létfontosságú szerveket (tüdő, máj, vese) vizsgálva kimutatták, hogy az említett mikroelemek koncentrációja szignifikánsan eltért a normális értéktől és a további vizsgálatokból arra következtettek, hogy ezek feltételezett oka a tápláléklánc fertőzöttsége (Pais, 1989).

Az 1990-es évektől kezdve a szív és érrendszeri megbetegedések által okozott halálesetek növekednek, és vezető pozíciót töltenek be az elhalálozások között. Ezen adatok statisztikai elemzése során a környezetszennyezést, mint lehetséges okot említi több szakirodalom is (Pais, 1980; Takács, 1991).

Egy másik esetben, amerikai tudósok például, az arzénnal szennyezett talajvízzel (kutak) kapcsolatban mutatták ki azt, hogy bizonyos daganatos megbetegedések szoros statisztikai összefüggést mutatnak az emelkedett arzén koncentrációval.

A molibdén bemutatásán keresztül szeretnék rávilágítani a táplálékláncot fenyegető észrevehetetlen szennyeződések okozta veszélyekre, melyek folyamatosan terhelik a környezetünket. Ezen szennyezések vizsgálata a táplálékláncban rendkívül fontos, mivel a toxikus anyagok felhalmozódnak a szervezetekben és csak évek múltán jelennek meg káros hatásai, amikor már nehéz megfordítani a folyamatot.

Ezen cikkben a Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet (MTA-TAKI) kísérleteinek adatai alapján mutatom be, mekkora jelentőséggel bír a környezetszennyezés, ezen belül is a talajszennyezés. Rendkívül lényeges a tápláléklánc egyes elemeit károsító hatásokat végigkövetni, amelyet a molibdén példáján keresztül kívánok bemutatni.

A kutatás során a rendszeres mérések óriási mennyiségű adatot szolgáltatottak, amelyeket matematikai-statisztikai módszerekkel és a számítástechnika felhasználásával lehet csak gyors és egzakt módon feldolgozni.

Molibdén általános jellemzői

Kis mennyiségben fordul elő környezetünkben, illetve az élőlényekben ám alacsony mennyiségével ellentétben, jelentősége annál nagyobb az élőlények számára. A molibdént Peter Jacob Hjelm állította elő 1782-ben először nem tiszta formában. Molibdénnek hazai imissziós normája nincs, ahogy a hazai ivóvíz szabványunk sem jelöl határértéket. A levegőben, városok területén 0,01-0,03 µg/m³, míg vidéki viszonylatban ez az érték a tizedrésze. Ivóvizekben 0,1-0,6 µg/l-t míg ásványvizekben 2-3 µg/l-t találtak.

Molibdén a talajban

A molibdén esetén megállapíthatjuk, hogy sok mikroelemhez képest csak kis mennyiségben fordul elő a talajokban, melynek összes molibdén-tartalma leggyakrabban 0,5-3,0 mg/kg érték között változik. Hazánkban talajtól függően 0,3-4,0 mg/kg az intervallum, például az ásványi talajok molibdén-tartalma 1 mg/kg alatti, míg a láptalajoké a 4 mg/kg-ot is elérheti. A szakirodalom 1-10 mg/kg-os értékhatárig nem tekinti szennyezettnek a talajt (Kádár, 2007). Ércbányák közelében egyes mérések alapján a 30 mg/kg-ot is meghaladta a koncentráció. Az agyagtalajok molibdén-tartalma rendszerint nagyobb, mint a homoktalajoké. A talajban a molibdén különböző ásványokban, valamint kötött állapotban a vas- és az alumínium-hidroxidokhoz kapcsolódva található (Bohn *et al.*, 1985; Kádár, 2007; Patócs, 1990).

Molibdén a növényben

A molibdén növényélettani jelentőségét több mint fél évszázada ismerték fel. Kimutatták, hogy esszenciális mikroelem, ezért fontos szerepet játszik a növény növekedésében, fejlődésében, sejtműködésében és a nitrogén megkötésében. Optimális molibdén-ellátottság esetén, az elem hatással van a betegségekkel szembeni rezisztencia kialakulásában.

A növények átlagos molibdén-tartalma a szakirodalmi áttekintések alapján 0,3-1,5 mg/kg közé esnek (Pais, 1980; Szabó *et al.*, 1987; Takács, 1992). Mérték már 10 mg/kg értékeket is, ami például a szarvasmarhánál egészségügyi problémákat okozott. A nitrát-reduktáz molibdén tartalmú enzim, ezért a nitrogénnel jól ellátott növények több molibdént igényelnek. Az ammónianitrogénnel trágyázott növényekben molibdén-hiány esetén nitrát halmozódik fel.

A molibdén-hiány megszüntetésére 1 kg/ha nátrium-molibdenát talajba dolgozását, vagy 3-5 g molibdénnek megfelelő vízdoldható vegyület levélre permetezését ajánlja a szakirodalom (Pais, 1980; Szabó *et al.*, 1987; Takács, 1992).

Molibdén az állatokban

Az állatok optimális molibdén-ellátottságát a szakirodalomban vizsgálva megállapítható, hogy nagyon kis mértékben tartalmazza ezt a mikroelemet az állati szervezet, amely a korral sem változik jelentősen. Mai tudásunk szerint az állatokban különféle enzimekben található meg az esszenciális elem (Hatchcock, 2004).

A következőkben kísérleti eredményeket ismertettek Pais (1980), valamint Szabó és mtsai. (1987) munkái alapján, hogy a molibdén hiánya, vagy túlsúlya milyen hatással van az egyes állati szervezetekre.

Főleg a kérődzők esetén jelentkeztek a problémák úgy, mint a molibdenózis, amelyet legelőhasmenésnek is hívnak. Ez a tünet röviddel a gazdag molibdén tartalmú takarmány felvétele után jelent meg, amely során a tehenek lesóványodtak, a tejtermelésük lecsökkent és egyes esetekben meddőség is fellépett (Pais, 1984). Tehenek szervezetében jól felszívódik a mikroelem, akár szervesen is, akár takarmány komponenseként kerül az állathoz. A mikroelem toxikus hatása nemcsak a molibdén koncentrációtól, hanem a takarmány réz-, szulfát- és néhány aminosav koncentrációjától is függ. A molibdén legtöbb állatfajnál nagyon gyorsan adszorbeálódik, és a kiürülése is viszonylag gyorsan végbemegy a vizelettel és a bélsárral. Egyes fajok molibdén tűrő képessége igen széles határok között változik, míg a sertés jobban elviseli (1000 mg/kg), addig a teheneknek ez a mennyiség kifejezetten ártalmas.

Molibdén az emberben

A molibdén igen kis mennyiségben található meg az emberi szervezetben, mégis esszenciális számunkra. Több fontos enzim működésében játszik szerepet, például az ételek zsír- és szénhidrát-tartalmát energiává alakító enzimekben. Hozzájárul a szervezet vas hasznosításához, az idegek zavartalan működéséhez és a jó közérzet megőrzésében is fontos szerepe van. A molibdén a férfipotencia és a nemzőképesség fenntartásához nélkülözhetetlen, az idősebb férfiak impotenciájának gyakran oka a molibdén-hiányos étrend. A fogak egészségi állapotára is hatással van, beépül a fogzománcba, és csökkenti a fogszuvasodás veszélyét (Mindell, 1991).

Mesterséges pótlására szükség lehet a Chron-betegeknél, valamint a Wilson kórban szenvedőknek. Kimutatták, hogy több rákos elváltozás kezelésében is pozitív hatást eredményezett a molibdén bevitel (Brencsány, 1983). Oroszország egyes területein, ahol molibdénben gazdag a talaj és így a felvétel is magasabb, a kőszvény betegség előfordulása is sűrűbb (Hatchcock, 2004).

ANYAG ÉS MÓDSZER

Az adatokat a MTA TAKI Nagyhorcsóki kísérleti telepén beállított kísérlet alapján elemeztem, ahol 13 mikroelem szennyező hatását, jelenlétét vizsgálják. A termőhely löszön képződött mészlepedékes csernozjom talaja a szántott rétegben átlagosan 5 % CaCO₃-ot és 3% humuszt tartalmaz. Fizikai fésüléséért tekintve vályog, 20 % agyag, ill. 40% leiszapolható rész frakcióval. Agyagásványainak közel felét illit, 1/3-át klorit, kisebb részét szmektit alkotja.

21 m² területű parcellákkal lett beállítva a kísérlet, melyeket körbe 1 m-es utak határolnak a jó megközelíthetőség érdekében és a talajáthordás megakadályozására. A növényi sorrend az első 4 évben kukorica, sárgarépa, burgonya, borsó volt. Az osztott parcellás elrendezésben a 13 vizsgált mikroelem (Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Zn) jelentette a főparcellát, a 4 terhelési szint az alparcellát 13x4=52 kezelésben, 2 ismétléssel, összesen 104 parcellával, split-plot elrendezésben.

Az alaptrágyázás évente történt 100–100–100 kg/ha N, P₂O₅ és K₂O hatóanyag alkalmazásával ammónium-nitrát-, szuperfoszfát- és kálisó-műtrágyákkal.

Négy terhelési dózist juttattak ki 1991-ben, amelyek a következők voltak: 0 vagy 30 kg/ha (bizonyos mikroelemeknél eltérő); 90 kg/ha; 270 kg/ha; 810 kg/ha. A kísérletben lévő legnagyobb terhelés jól modellez egy ipari környezetben, vagy akár városi környezetben előforduló jelentős talajszennyezést. A feltárt minták mérését a Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézet műszerközpontjában végezték el ICP technikával.

Az elemanalitikai meghatározásokhoz egy OPTIMA 3300 DV típusú induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométert (ICP-OES) alkalmaztak. Az induktív csatolású plazma (ICP) sugárforrással működő spektrométerek nagy előnyei: gyorsaság, csekély zavaróhatás, jó automatizálhatóság (automata mintaváltó), kémiai elemek vizes és nem vizes oldatokból történő meghatározása; percenként 70-80 elemre minőségi és mennyiségi elemzés egy-egy oldatmintából. Az ICP-OES spektrométerrel nagyobb koncentrációk mérésére van lehetőségünk, de bizonyos nyomelemek kis mennyiségben történő kimutatásához egy másik készüléket az induktív csatolású tömeg spektrométert (ICP-MS) kellett alkalmazni.

Az ICP-MS esetében az elemek analízise nem közvetetten az abszorbeált vagy emittált fény mennyiségének mérésével történik, hanem ionjai/izotópjai segítségével (azaz tömeg szerint). Ez a módszer az elemanalitika terén ma az egyik legmodernebb és legérzékenyebb technikának számít.

Az első lépés, a mért adatok szöveges állományba helyezése után azok feldolgozhatóvá tétele. Az ICP készülék a mért adatokat átlagolja és az egyes elemekhez tartozó szórását kiszámolja, így lehetőségünk van meghatározni, hogy az adott elemhez tartozó érték meghaladja-e kimutatási határát. A másik érdekes kérdés, hogy egy adott minta esetében számolt koncentráció érték esetén hány tizedesjegyre kerekítsünk. A következő tapasztalati kerekítést használjuk (0,0001-0,1 mg/kg között 4; 0,1-1 mg/kg között 3; 1-10 mg/kg között 2; 10-100 mg/kg között 1 tizedesjegyre; 100 mg/kg fölött egészre kerekítünk. Adataink fent leírt algoritmusát Excel-makró segítségével végezzük, így több ezer adat esetén is csak néhány másodpercet vesz igénybe ez az adatkonverziós folyamat.

A következő lépés az így nyert adatok további feldolgozása, amely a mért elemeket oszlopokba rendezi és berendezi az egyes mintákhoz tartozó koncentrációkat a hozzátartozó elemekhez. Az előző módszerek szerint bemért minták során kapott nagy mennyiségű adathalmazt rendszerezni kellett, amelyhez a Microsoft Office programcsomaghoz tartozó Microsoft Excel kiválóan alkalmazható. Az adatok közötti kapcsolatokat statisztikai módszerekkel vizsgáltam, amelyhez az Excel bővítményeket is segítségül vettem (Analysis ToolPak, Analysis ToolPak-VBA). Az adatok elemzésére átlag, szórás, korreláció és hisztogram statisztikai módszereket alkalmaztam.

EREDMÉNYEK

Nagyhörcsökön beállított elemterheléses talajkísérlet 1994, 1997, 2000, 2005. évi mérési adatai álltak a rendelkezésemre. Az első kettő növekvő adagú talajterhelés (molibdén) során vizsgálta az elemtartalmat a feltalajban, a kétezres évek adatai pedig maximális terhelés esetén (molibdén) mélységi elemtartalom koncentrációkat figyelt meg. Az 1991-ben kijuttatott mennyiségek után vizsgálták az egyes parcellákat, melyek közül a már említett évek adatait elemeztem. A növényi minták közül a kukorica levél valamint szemtermését és a cékla levelét vizsgáltam, melyek adatai 1991-ből és 1995-ből származnak, növekvő adagú molibdén terhelés esetén.

Talajvizsgálatok

Talaj felszíni vizsgálatok

A talaj felszíni vizsgálata során a növekvő adagú kijuttatott mennyiség hatását a talaj molibdén koncentrációját a következő *1. ábra* szemlélteti.

A molibdén koncentrációja mindkét évben jelentős mértékben megnövekedett az emelkedő dózis hatására. Látható, hogy annak a parcellának a molibdén koncentrációja, melynél nem juttattak ki szennyező anyagot nagyobb, mint a szakirodalomban említett

átlag (1-3 mg/kg). Ez a jelenség annak köszönhető, hogy a legnagyobb terhelésű és a nem terhelt cella a split-plot elrendezés miatt egymás mellé került és az évek során az esetleges talajáthordás miatt megnőtt a talaj molibdén koncentrációja. Ezt alátámasztva a következő 1. táblázatban arzén terheléses talajvizsgálat során mért molibdén-koncentrációs értékeket tüntettem fel összehasonlítás végett. Ezen kívül megvizsgáltam a talaj molibdén koncentrációját más szennyező anyagok (Se, Al) kijuttatása esetén is. Ezekben az esetekben szignifikáns eltérést nem mutattak az eredmények, köszönhetően azért, mert a Mo koncentrációja a talajban 4 és 5 mg/kg között változott, ahogy az arzén esetében is. Molibdén kezelés esetén a 0 kg/ha molibddénnel kezelt terület molibdén koncentrációja, illetve az egyéb vizsgált szennyezőkkel kezelt talaj molibdén koncentrációja között szignifikáns eltérés mutatkozott ($P=0,05$). A táblázatban szereplő értékek mg/kg mértékegységben szerepelnek.

1. ábra

Molibdén koncentráció változása a talajban 1994-ben és 1997-ben

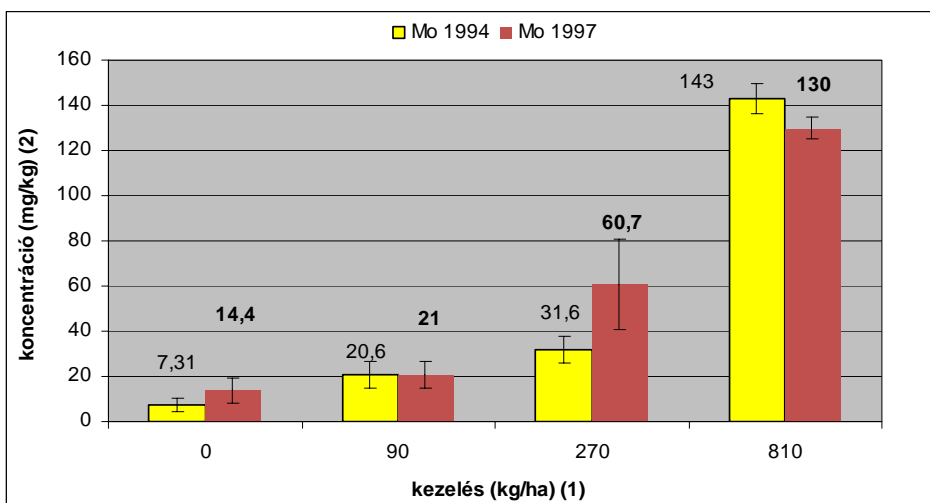


Figure 1: Change of molybdenum concentration in the soil in 1994 and in 1997

Treatment(1), Concentration(2)

1. táblázat

A talaj molibdén koncentrációja (mg/kg) arzén terheléses vizsgálat során

As terhelés (1)	30 kg/ha	90 kg/ha	270 kg/ha	810 kg/ha
1994 Mo	3,93	4,48	4,28	4,47
1997 Mo	4,21	4,41	4,32	4,43

Table 1: Molybdenum concentration of the soil in case of arsenic contamination

Arsenic contamination(1)

Talaj mélységi vizsgálatok

2000-ben és 2005-ben mélységi elemterheléses talajvizsgálatok során mindkét kísérletben azt a talajszeletet vizsgálták, amelybe 1991-ben 810 kg/ha (a legnagyobb dózisú) molibdént juttattak. A minták 0-3 méteres mélységből származnak 30 centiméteres szelvényenként mérve a koncentrációkat. Az adatok alapján megvizsgáltam a molibdén mennyiségét az egyes rétegekben, továbbá a többi mikroelem eloszlását is végigköttem.

A 2000. évi mérés adatait összegezve megállapítható, hogy az összes elem mennyiség közel 1/5 része a talaj felső 30 cm-ében mobilizálódik szignifikáns?, és utána egyenletes eloszlást mutat a mélyebb rétegek felé haladva. Molibdén esetén megfigyeltem, hogy a talaj molibdén koncentrációja a kezelés hatására szignifikánsan megnőtt – ahogy azt előzőleg várni lehetett – és leginkább a felső 30 cm-es rétegben halmozódott fel, amely az összes molibdén mennyiségének mintegy 50 százalékát jelenti.

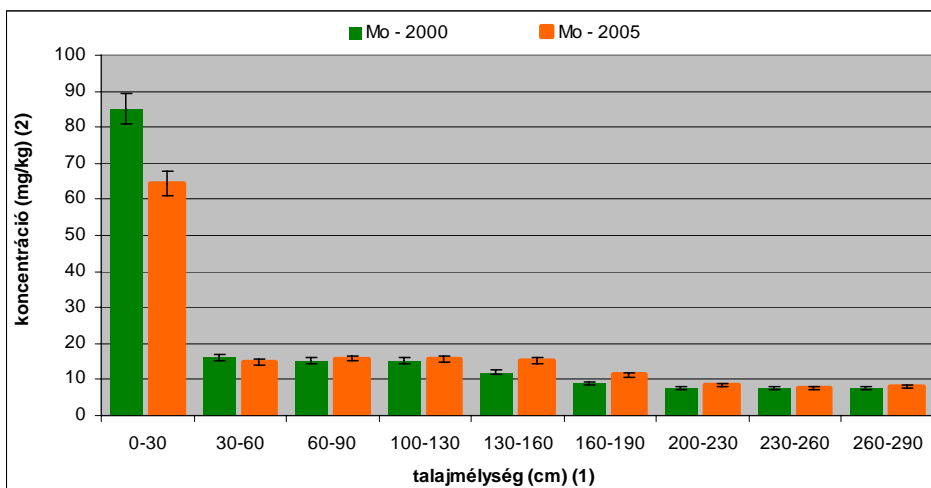
2. ábra**Molibdén mélységi eloszlása 2000-ben és 2005-ben**

Figure 2: Molybdenum concentration in different layers of the soil in 2000 and in 2005

Deep of soil(1), Concentration(2)

Látható a 2. ábrán, hogy majd 15 évvel a kijuttatott szennyezés után is jelentősen a szennyezési határérték felett van ($p=0,05$) a molibdén koncentrációja a feltalajban. A két év adatait megvizsgálva megállapítható, hogy rendre magasabb értékeket mutatnak a mélységi molibdén koncentrációk ($p=0,05$), ami az évek során végbemenő lemosódásnak köszönhető.

Növényi vizsgálatok*Kukorica*

Ezek a kísérletek a növényi szervek elemtartalom változásának megfigyelésére irányultak növekvő terhelés szimulálása esetén. Az 1991-es kísérletben a talajt molibdén 0 kg, 90 kg, 270 kg, 810 kg-os adagjaival terheltek hektáronként és vizsgálták a

különböző években termelt különféle növények egyes részeinek elemtartalom változását. Az egyes növényi részek mikroelem-tartalmának vizsgálatakor rendelkezésre álló adatok kukoricalevél és szem esetén 1991-ből, cékla levele esetén 1995-ből származnak. Növekvő molibdén adagok hatására emelkedett a kukorica levél molibdén-tartalma, melyet a következő 3. ábrán megfigyelhetünk. A nem terhelt talajszelvény adatelemzése során kiugró értéket kaptam, melyet ellenőrzésképp összehasonlítottam az arzén-terheléses vizsgálat során mért molibdén koncentrációval. Eredményként megállapítottam, hogy jelentős a kiugrás, ami torzíthatja a végeredményt ezért az ábrán lévő molibdénnel nem terhelt talajból származó kezdeti érték esetében az egyik mérési értéket figyelmen kívül hagytam. A kapcsolatból kiderül, hogy a molibdén igen mobilisnek mutatkozik a talaj-növény rendszerben. Két szempontból is fontos a kapcsolat tanulmányozása, egyik táplálkozási megfontolásból, a másik egy esetleges szennyezés esetén lehet-e kármentesítésre használni a kukoricát. Állati takarmányok szempontjából már alacsonyabb terhelés esetén is előidézhetheti a szarvasmarhánál a legelőhasmenést. Ennek következtében az állat lesóványodik, visszaesik a tejtermelése és bizonyos esetekben meddővé is válhat. A többi haszonállatunk egy ilyen molibdénnel szennyezett takarmányt is elfogyaszthat minden fajta következmény nélkül, feltételezve, hogy nem folyamatos az ilyen magas terhelés.

3. ábra

A kukorica levél molibdén tartalmának változása

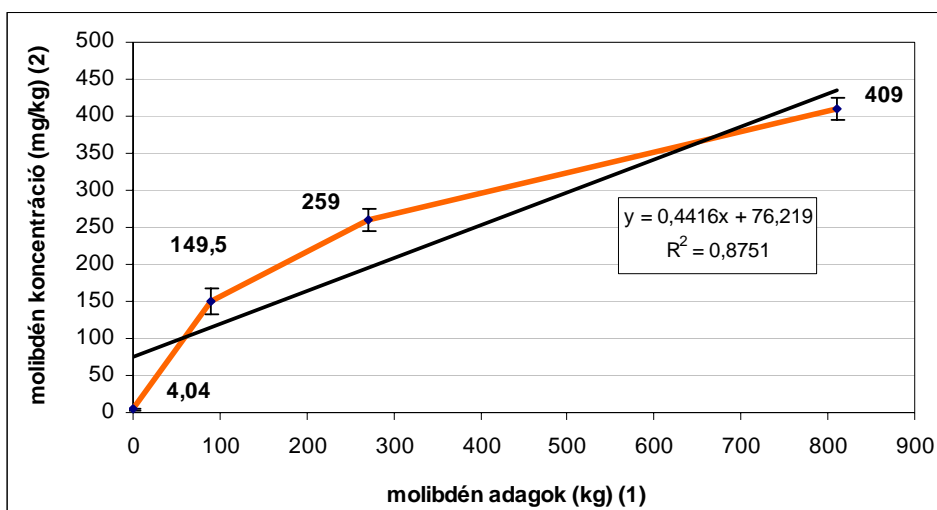


Figure 3: Change of the molybdenum concentration of the leaf of maize

Level of molybdenum dose(1), Concentration of molybdenum(2), Linear trend (Concentration)(3)

Kármentesítés szemszögéből vizsgálva a kukorica molibdén akkumuláló képességét megállapíthatjuk, hogy egy kisebb mértékű szennyezés esetén lehet csak számításba venni, amikor nem célunk a talaj teljes megtisztítása, hanem a kérdéses

nehézfém, szennyező elem koncentrációját a mezőgazdasági talajokra érvényes szintre akarjuk csökkenteni. Nagymértékű szennyezés esetén, ha jobban utána számolunk, akkor több száz évbe is beletelhet, míg kármentesítjük a talajt. Döntés előtt figyelembe kell venni azt a tényt, hogy a kármentesítő növény maga is veszélyes hulladékként kezelendő, melynek plusz járulékos költségei vannak.

A kukorica levelében nagyságrendekkel magasabb a molibdén-tartalom, mint a szemtermésében ($p=0,05$), mely a 4. ábrán jól megfigyelhető.

4. ábra

A kukoricaszem molibdén tartalmának változása

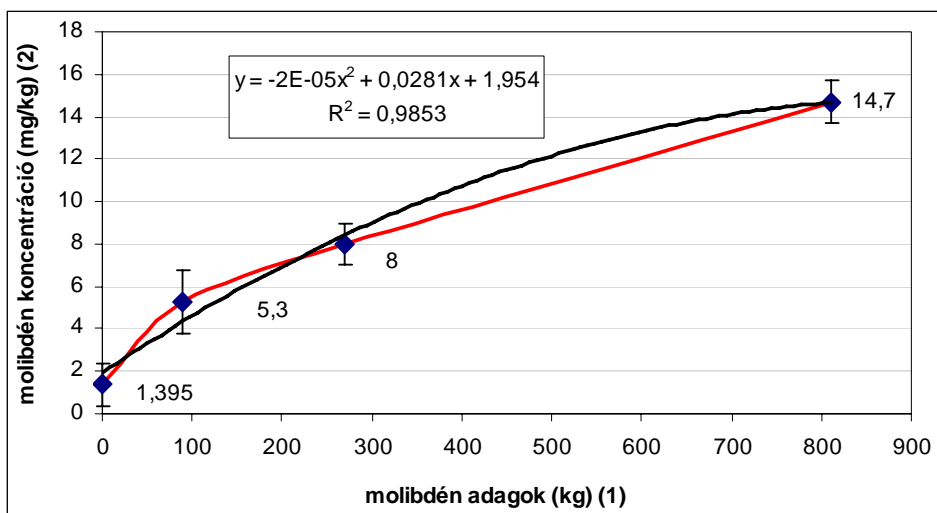


Figure 4: Change of the molybdenum concentration of the seed of mais

Level of molybdenum dose(1), Contentration of molybdenum(2)

KÖVETKEZTETÉSEK

A rendelkezésemre álló adatok vizsgálata során tanulmányoztam a molibdén mikroelem koncentrációjának változását a talajban, valamint a kukorica egyes növényi részeiben. Ezek a kísérletek jól szimulálnak egy, a környezetben előforduló esetleges molibdén talajszennyezést. A talaj vizsgálatokor megfigyeltem, hogy a növekvő adagú molibdén hatására a mikroelem is növekedést mutatott, mind a feltalaji, mind a mélységi vizsgálatok során. A feltalaj molibdén-tartalma kiugróan magas értéket mutatott maximális (810 kg/ha) terhelés esetén. A mélyebb rétegek felé haladva ez nem volt tendencia.

A növények közül a kukoricával foglalkoztam, megvizsgáltam a levelét és a szemtermését. Megállapítottam, hogy a generatív szervben sokkal kevesebb molibdént találunk, mint a vegetatív levél részében.

A vizsgálatok célja válaszok keresése arra, hogy a szántóföldi növényeink hogyan reagálnak egy esetleges talajszennyezésre. Fontos azt is meghatározni, hogy milyen

mértékben mobilizálódnak a talajból a növényekbe és milyen hatást fejtenek ki bennük, valamint milyen mértékben mosódnak le a mélyebb rétegekbe (talajvíz) a káros anyagok. A vizsgálatokat ki kell terjeszteni több talajtípusra, valamint területre (ipari létesítmények, árterületek) és több növényre, melyek közvetlenül állati illetve emberi fogyasztásra kerülnek. A vizsgálatokat nem egy elemre vonatkozóan kell elvégezni, hanem meg kell figyelni a kölcsönhatásokat, egyes elemek reakcióját más elemek változására. Fontos továbbá, hogy a táplálékláncban lévő hatásmechanizmusokat jobban megismerjük, hogy a kapott adatoknak pontos információtartalmuk legyen.

A talaj valamint a növényi minták elemzéséből témám igen kis szeletét tudom bemutatni jelenleg. A továbbiakban több növényi és talajminta elemzését fogom elvégezni így kiszélesítem az eddigi információkat a tápláléklánc nehézfém szennyezettségével kapcsolatban. A több információ lehetővé teszi, hogy az adatokat egységes adatbázisban feldolgozva különféle statisztikai elemzéseket végezzünk, melyek közül kiemelkedően fontosak az idősoros elemzések. Ezekkel hosszú távú következtetéseket tudunk levonni egy a környezetünkben bekövetkezett talajszennyezés esetén, illetve a probléma megfelelő elhárítása érdekében.

Az adatgyűjtés célja egy, az Interneten keresztül elérhető információs rendszer kifejlesztése – a megfelelő jogosultsági szintek hozzárendelésével – amely alkalmas a talajszennyezés esetén (talaj, növényi részek) mért adatok fogadására, az adatok feldolgozására (átlagképzés, határérték, idősoros elemzések). Ezen kívül egy lehetőség a mért vagy számított adatok (interpolációs, extrapolációs) térinformatikai, grafikus (térképi) és táblázatos megjelenítésére a jobb átláthatóság és értelmezhetőség okán.

IRODALOM

- Bohn H.L., Mcneal B.L., O'Connor G.A. (1985): Talajkémia. Mezőgazdasági Kiadó – Gondolat Kiadó : Budapest 364 p.
- Brencsán J. (1983): Új orvosi szótár. Akadémia Kiadó : Budapest 544 p.
- Hathcock J.N. (2004): Vitamin and mineral safety. Council for Responsible Nutrition : Washington, 2nd edition 47 p.
- Kádár I. (2007): A talajszennyezés megítélése kutatói szemmel. In: Agrokémia és talajtan 56. 391-408. p.
- Mindell E. (1991) Vitaminbiblia. Westinvest Kft : Budapest 464 p.
- Pais I. (1980) A mikrotápanyagok szerepe a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó : Budapest 142 p.
- Pais I. (1984): A mikroelemek jelentősége a mezőgazdasági termelésben kutatásuk helyzete a világban. Kertészeti Egyetem : Budapest 224 p.
- Pais I. (1989) A mikroelemek fontossága az életben. Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem : Budapest 292 p.
- Patócs I. (1990): Occurrence of heavy metals, toxic elements in the soils of Hungary. In: Pais I. (ed.): New result in the research of hardly known trace elements and their importance in the international geosphere-biosphere programme. Proceedings of the 4. International Symposium, University of Horticulture and food industry, Budapest 19-30. p.
- Szabó S.A., Regiusné Mócsényi Á., Győri D., Szentmihályi S. (1987): Mikroelemek a mezőgazdaságban. Esszenciális nyomelemek. Mezőgazdasági Kiadó : Budapest
- Takács S (1992) Környezet, ember, mikroelemek. Triorg Kft : Budapest 205 p.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Ráthonyi Gergely

Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma
Gazdaságelemzés-módszertani és Alkalmazott Informatikai Intézet
Gazdaság- és Agrárinformatikai intézeti nem önálló Tanszék
4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

University of Debrecen

Centre for Agricultural Sciences and Engineering

Faculty of Applied Economics and Rural Development,

H-4032 Debrecen, Böszörményi u. 138.

Tel.: +36-52-508-390

e-mail: rathonyi@agr.unideb.hu