

**MIKROELEMOK VIZSGÁLATA A TÁPLÁLÉKLÁNCBAN STATISZTIKAI
MÓDSZEREK FELHASZNÁLÁSÁVAL****INVESTIGATION OF MIKRO-ELEMENTS IN FOOD CHAIN BY STATISTIC METHODS***Ráthonyi Gergely*Debreceni Egyetem, Agrárgazdasági és Vidékfejlesztési Kar
Informatikus agrármérnök szak V. évfolyam**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 főleg rovarirtószerekkel, 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.

Dolgozatomban a molibdén környezetszennyező és károsító hatását vizsgáltam az MTA-TAKI Nagyhörcsöki 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. A tanulmány kiemeli az alkalmazott informatika jelentőségét, mely nélkül az eredményeket nem lehetett volna egzakt és hatékony módon értékelni.

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

ABSTRACT

The informatics - especially applied informatics – undergone a significant development at the end of XX. century. This is allowed analyzing of soil pollution by computer systems. 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 that 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 (leaf, seed) using by different statistic methods. The study emphasizes the importance of applied informatics because without this method the results wouldn't have been able to analyze exact and effective way.

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

BEVEZETÉS

A környezetszennyezés napjainkban globális méreteket ölt. Naponta terheljük környezetünket különféle káros anyagokkal, melyek a levegőben, vizeinkben és a talajban is felhalmozódnak. 150 évvel ezelőtt felgyorsult az élet, melyet nem vagyunk képesek kontrollálni, és mely megállíthatatlanul tör előre a pusztulás útján. A termelési eredmények hajszolása, a gyorsan növekvő nyersanyag-, energia- és egyéb igények kielégítése miatt nem vesszük észre, hogy környezetünkben már annyit elvontunk és annyit rontottunk rajta, hogy felmerült az ökológia egyensúly felborulásának a veszélye. Olyan globális és összetett problémakör ez, melyet megérteni és átlátni szinte lehetetlennek tűnik. A környezetszennyezés egy formája a talajok károsítása, a mikroelem-szennyezés, amelyet azért tartok fontosnak kiemelni, mert a talaj a tápláléklánc alapjának tekinthető. Kiváló minőségű talajainkon teremnek meg a növények, amelyeket közvetlenül vagy közvetve (növényevő állatok) elfogyasztunk. Ezzel bekerülnek a szervezetünkbe a szennyező anyagok, ahol felhalmozódnak és raktározódnak. A tápláléklánc feldúsulása e káros anyagokkal azért különösen veszélyes, mert nem mindig akut módon fejtik ki hatásukat, hanem a folyamatos terhelés során évekkal később érik el azt a bizonyos „telítődési szintet”.

Nagyon nagy jelentősége van a talajkísérleteknek, hogy vizsgálják az egyes mikroelemek mozgását és mobilizálhatóságát a talaj – növény – állat – ember rendszerben. Az adatok gyors feldolgozásához és integrálásához, valamint a pontos, felelősségteljes döntések meghozatalához nélkülözhetetlenek az informatikai eszközök.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A dolgozatomban az adatokat a Magyar Tudományos Akadémia Talajtani Kutató Intézetének Nagyhorcsöki kísérleti telepén beállított tartamkísérlet alapján elemeztem, ahol 13 mikroelem szennyező hatását, jelenlétét vizsgálták. Nagyhorcsök Fejér megyében található, Sárbovárdtól É-Ny-ra. A kísérletet 1991 tavaszán állították be 21 m² területű parcellákkal, melyeket körbe 1 m-es utak határolnak a jó megközelíthetőség érdekében és a talajáthordás megakadályozására. A parcellák teljes területe 2 184 m², az utak területe 2 008 m², a kísérleti bekerített terület tehát 4 192 m².

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. A kapott adatok elemzéséhez statisztikai módszereket alkalmaztam: átlag, szórás, korreláció, hisztogram. A korreláció esetén egy vagy több független változó kapcsolatát, erősségét vizsgáljuk egy függő változóval szemben (HUNYADI et al, 2001)

Az értékelés során az 1994. és 1997. évi feltalaji mintavétel adatai, a mélységi talajminták közül a 2000. és 2005. év adatai, a növényminták közül pedig az 1991. év kukorica (levél, mag) vizsgálat adatai álltak rendelkezésemre.

EREDMÉNYEK

Talajminták

1994-ben és 1997-ben végzett mintavétel adatai alapján megvizsgáltam, a feltalaj elemtartalmát a különböző dózisu molibdén-terhelés hatására. Ahogyan azt várni lehetett a talaj molibdén-tartalma változott jelentős mértékben, míg a többi elem koncentrációja nem mutatott jelentős változást az évek folyamán.

A talaj elemtartalom változásának mértékét az egyes terhelések esetén szórás segítségével határoztam meg. A koncentrációk szórását kiszámoltam a két évre és összes terhelésre vonatkozóan (táblázat harmadik oszlopa). A második oszlopba kiszámoltam a két év összes terhelés koncentrációjainak átlagát, hogy meg tudjam állapítani mely elemeknél jelentős az eltérés. A negyedik oszlop tartalmazza a százalékos eltérést az átlag és a szórás között, melyből jól látható, hogy a molibdén – várhatóan – koncentrációja változott legnagyobb arányban. Megállapítottam, hogy jelentős eltérés a terhelések során, csak a terhelő elem koncentrációjánál jelentkezik.

Az elemek egy kisebb csoportját – a hely szűke miatt – az 1. táblázatban foglaltam össze.

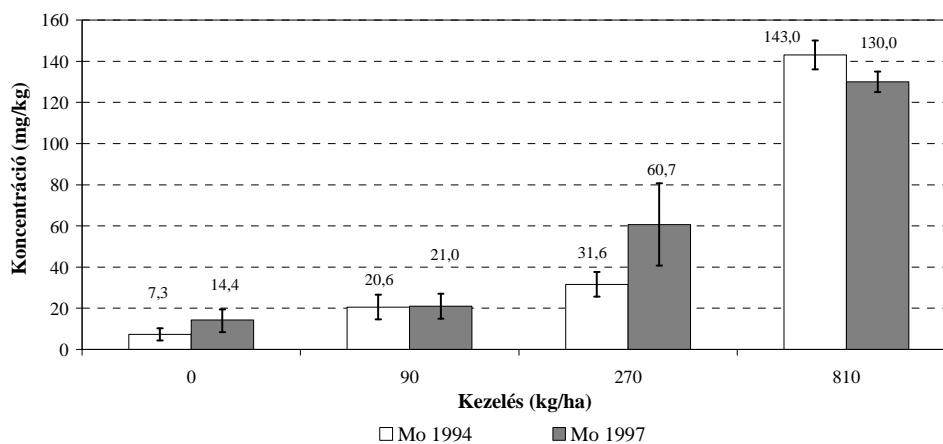
1. táblázat: Az elemek koncentrációjának szórása molibdén-kezelés esetén

Elemek	Koncentráció átlaga (mg/kg)	1994 és 1997-es adatok szórásának átlaga (mg/kg)	Arány (%)
Al	22709	1028	4,53
Co	7,98	0,19	2,33
Cr	34,3	1,11	3,22
Mo	53,6	53,9	100,42
Nd	28,6	1,30	4,56
Ni	22,8	0,800	3,50
P	1226	45,1	3,68
Zn	61	1,73	2,83

Forrás: Saját számítás alapján

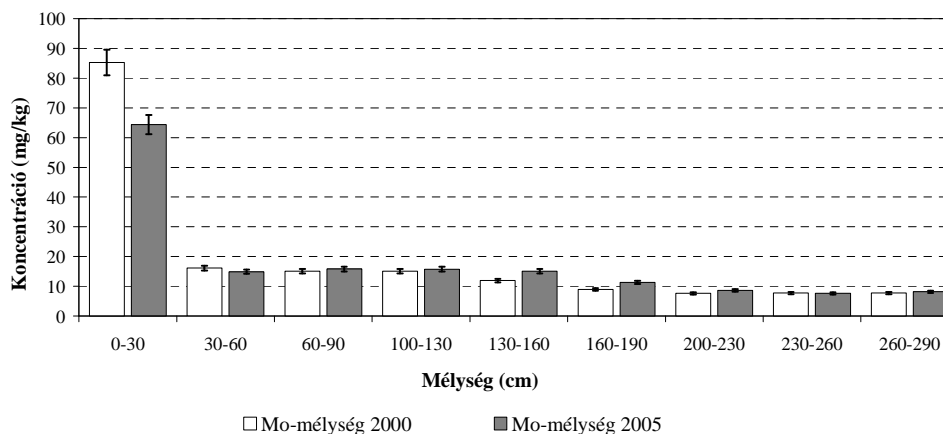
A növekvő adagú kijuttatott mennyiség hatását a talaj molibdén koncentrációjára, a következő 1. ábra szemlélteti. A molibdén koncentrációja mindkét évben jelentős mértékben megnövekedett az emelkedő dózis hatására. Látható, hogy annak parcellának a molibdén koncentrációja – melynél nem juttattak ki szennyező anyagot – is nagyobb, mint a szakirodalomban (SZABÓ et al, 1987) említett átlag (1-3 mg/kg). Ez a jelenség valószínűleg 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.

2000-ben és 2005-ben mélységi talajvizsgálatokat végeztek, melyek során 3 méterig vettek mintákat a vizsgált területről. Molibdén esetén megfigyeltem, hogy a talaj molibdén koncentrációja a kezelés hatására megnőtt – ahogy azt már előzőleg látni lehetett – és leginkább a felső 30 cm-es rétegben halmozódott fel, amely az összes molibdén mennyiségének mintegy 50 százalékát jelenti. 2005-ben szintén a feltalajban volt magasabb a koncentráció ám az összes mennyiség már csak 40%-a. A csökkenés oka a lemosódás, melyet a 2. ábrán megfigyelhetünk.



1. ábra: **Molibdén koncentráció változása a talajban 1994, 1997-ben**

Forrás: Saját számítás alapján



2. ábra: **A molibdén eloszlása az egyes rétegek között 2005-ben**

Forrás: Saját számítás alapján

A mélyebben fekvő rétegeknél az egyes szinteken különböző mértékben ugyan, de magasabb molibdén koncentrációt figyeltem meg a 2005-ös adatoknál. Az is jól látható az ábrán, hogy a talaj molibdén-tartalma – bármelyik szeletet megvizsgálva – nagyobb, mint a feltalajnál is említett szakirodalmi átlag. A lemosódás jelentősnek mondható abból az aspektusból vizsgálva, hogy a magyarországi talajvíz bázisból származó ivóvíz körülbelül 90 százalékát a felszín alatti vizek teszik ki, ami rendkívül magas arány az Unióban.

A lemosódás mértéke, a szakirodalmak által (FILEP, 1999; BOHN et al, 1985) is kiemelt talajtulajdonságnak a pufferoló (egy bizonyos határig képes megkötni és átalakítani a szennyezőanyagokat) képességnek köszönhetően nem lett katasztrofális mértékű. A pufferoló képesség megakadályozza, vagy jelentősen mérsékli a talajszennyezés szétterjedését úgy, mint a felszín alatti vizekbe kerülését, valamint beépülését a táplálékláncba.

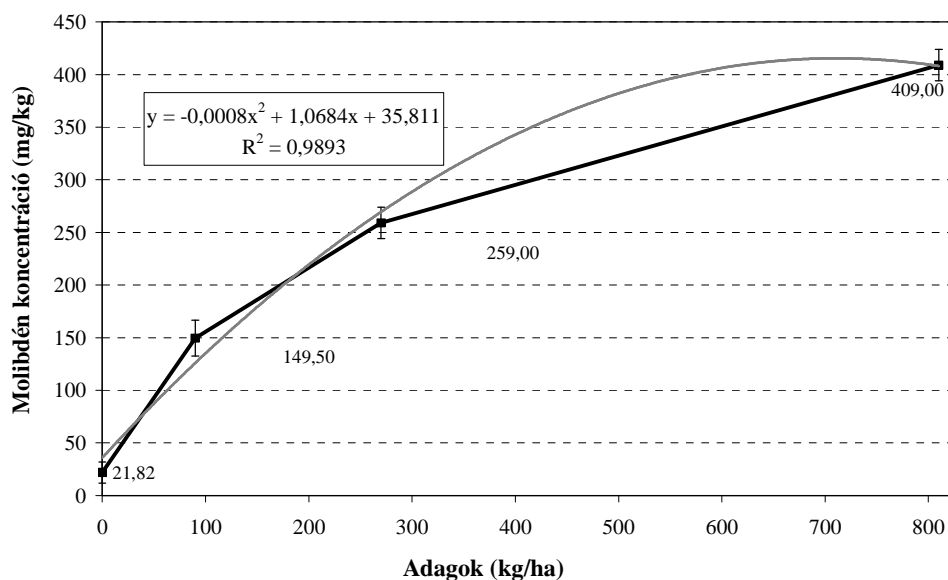
A többi elem mélységi vizsgálata során a kalcium tért el jelentősen az átlagtól – a feltalajban, kisebb mértékű koncentráció – mivel a kísérleti talaj fajtája mészlepedékes csernozjom. Az ilyen talajokban a kalcium a mélyebb rétegekben található meg jelentős koncentrációban (FILEP, 1999).

Összességében megállapítható, hogy az egyes terhelések nem voltak jelentős hatással a talaj elemkoncentrációjára. Az éppen kijuttatott mikroelem (Mo), megnövelte a talajban az elem koncentrációját (Mo), de a többi elem eloszlását nem befolyásolta. A molibdén mélységi talajvizsgálata esetén a két év adatait összehasonlítva arra következtettek, hogy fennáll annak a veszélye, hogy egy ilyen terhelés esetén ezen a talajon a káros elemek lemosódnak mélyebb rétegekbe. Ennek oka, a talaj pH-ja, ami ilyen talajféleségen a molibdént könnyen mobilizálhatóvá teszi (FILEP, 1999).

Növényminták

Megfigyeltem, hogy növekvő molibdén-terhelésre, hogyan változnak az egyes növényi részek molibdén koncentrációja, valamint a többi mikro-, makroelem koncentrációja kukorica növény esetén. Ezen kívül megvizsgáltam, hogy az egyes elemek között milyen kapcsolat van, fellép-e gátló vagy egymást segítő hatás.

A kukorica levelénél, a növekvő molibdén adagok hatására, megemelkedett a levél molibdén-tartalma, melyet a következő ábrán (3. ábra) megfigyelhetünk. Láthatjuk, hogy ha képzeletben folytatnánk ez a grafikon, akkor még nagyobb mennyiség halmozódhatna fel a kukorica levelében. A kapcsolatból kiderül, hogy a molibdén igen mobilisnak mutatkozik a talaj növény rendszerben, amely többek közt olyan kérdéseket is felvet, mint, hogy a szennyezett növény takarmányként, élelmiszerként hasznosítható-e, vagy milyen szerepet tölthet be egy esetleges molibdén-szennyezős bekövetkezőkor?



3. ábra: A kukorica levél molibdén tartalmának változása

Forrás: Saját számítás alapján

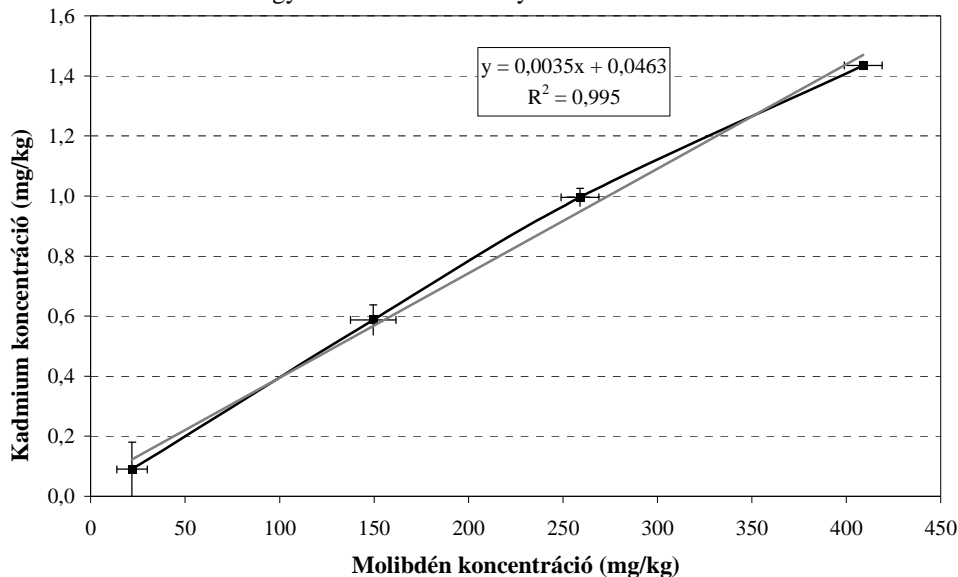
Állategészségügyi szempontból a szakirodalomra támaszkodva (PAIS, 1984; SZABÓ et al, 1987) megállapítható, hogy az egyes állatfajok esetében más-más reakciót vált ki a molibdén túladagolása. A szavarsmarha különösen érzékeny a molibdén túlsúlyára (molibdenózis), a tehenek lesóványodhatnak, a tejtermelésük lecsökkenhet és egyes esetekben meddőség is felléphet.

Mivel a kukorica jól akkumulálja a molibdént ezért kármentesítés esetén felmerülhet potenciális kármentesítő eszközként.

A kukorica levél adatai vizsgálatok kitértem a molibdén adagok növekedésének más elemekre gyakorolt hatására is. Korreláció és hisztrogram segítségével meghatároztam a kapcsolatot

tokat, melyek közül a molibdén-kadmium pozitív relációjára hívnám fel a figyelmet, amelyet a 4. ábra szemléltet.

Az eredmény megbízhatóságát az R^2 értékének 1-hez közelítése is alátámasztja. A pozitív kapcsolat csak a nevében pozitív. A kadmium az emberi szervezetben vesekárosodást, enyhe vérszegénységet, csontlágylást, idült tüdőtágulatot, szív és érrendszeri-, daganatos megbetegedéseket okozhat, és az egyik legártalmasabb károsító hatása, hogy az utódlásra is negatívan hat. Jelen esetben egy ilyen adag elfogyasztása esetén még ez a mennyiség nem produkálja a fent említett hatásokat, ám fontosnak érzem a kapcsolat kiemelését és további vizsgálatát, kiterjesztését több közvetlen emberi fogyasztásra szánt növényre.



4. ábra: Kukorica levélben vizsgált pozitív korreláció Mo-Cd

Forrás: Saját számítás alapján

Korrelációs számítások alapján a levélben a következőket tapasztaltam:

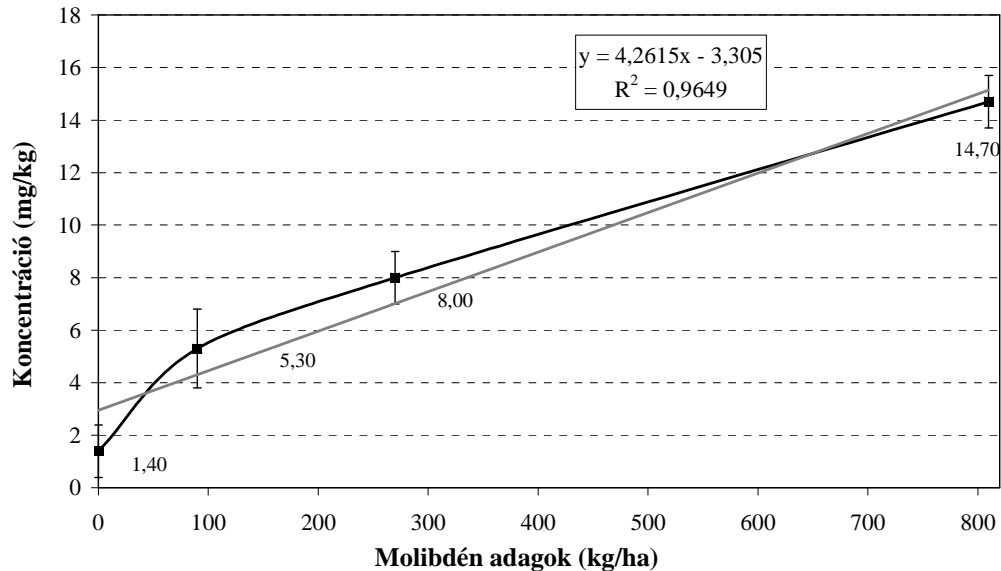
Megfigyeltem, hogy az adag növekedésére, természetesen legerősebb kapcsolatot a molibdén mutatta, ám mellette az alumínium, kadmium és a stroncium is hasonló szoros kapcsolatot eredményezett. Ez azt jelenti, hogy a molibdénen kívül a kukorica levelében a három elem koncentrációja is megnőtt a növekvő mennyiségű molibdén hatására. A kalcium negatív korrelációja a stroncium növekedésének szempontjából érdekes az emelkedő adagok hatására. A stroncium a kalciummal összefüggésben áll, hiszen kémiaailag nagyon hasonlóak így a növények nem szelektálnak közöttük és ennek megfelelően arányuk a növényi testben azonos a talajban való előfordulással (PAIS, 1980).

Az adag növekedésére erős negatív korrelációt figyeltem meg a bórral, mangánnal és foszforral kapcsolatban, ami ezen elemek koncentrációjának csökkenését jelenti a növekvő adagok hatására a kukorica levelében.

A következő ábra (5. ábra) a kukorica mag molibdén-tartalmának alakulása látható az egyes szennyezési szinteken. Látható, hogy amikor nem juttattak molibdént a talajba akkor a szem molibdén-koncentrációja 1,5 mg/kg volt. Összevetve a levélben mért adatokkal megállapítható, hogy a vegetatív szervekben nagyságrendekkel nagyobb koncentrációban található meg az egyes elemek, és szennyezés esetén, csak tízszer kisebb mértékben nő meg a magban a szennyező anyagok koncentrációja, mint a vegetatív levéli részben.

Humán egészségügyi szempontból a maximális szennyezési szint esetén, a mag tartós fogyasztása károsodást okozhat. A túl magas napi bevitel 10 000-15 000 μg (10-15 mg) – serkenti a réz kiválasztódását a szervezetből és növelheti a húgysavképződést is. A húgysavfőlesleg általában az ízületekben rakódik le, ami igen fájdalmas és gyógyszeres kezelést igénylő kőszvény kialakulásához vezethet (BRENCSÁNY, 1983; TAKÁCS, 2001; I1) Korrelációs számítások alapján a magban a következőket tapasztaltam: Pozitív és szoros korrelációt mutatott a molibdénrel a vas, kálium, magnézium, mangán, foszfor, szelén és a cink. Jelentős negatív korrelációt nem tapasztaltam.

Fontosnak tartom felhívni a figyelmet ezen mikroelem példáján keresztül más mérgező nehézfémek potenciális veszélyeire valamint táplálékláncunk sérülékenységre és saját kiszolgáltatottságunkra.



5. ábra: A kukoricaszem molibdén tartalmának változása

Forrás: Saját számítás alapján

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Lehetőségem volt egy, a talajszennyezést szimuláló kísérlet adatait feldolgoznom, mely kísérlet célja, a különböző mikroelem-terhelés talajra, valamint szántóföldi növényekre gyakorolt hatásának vizsgálata volt. Én a molibdén terheléses vizsgálatok eredményeit dolgoztam fel, elemeztem, kerestem az egyes mikroelemek közötti kapcsolatot. Az eredményeim csak nagyon kis részét fedik le a nagyhorcsöki elemterheléses talajkísérleteknek. Ahhoz, hogy mindezeket gyorsan és precízen megvalósítsam, az informatikában megismert eszközökre volt szükségem. Ennek jelentőségére irányul dolgozatom háttérüzenete, mely szerint az informatika és annak továbbfejlesztése szerves része kell, hogy legyen az agráriumnak. Fontos, hogy a megfelelő információk a kompetens személyekhez, gyors és ezáltal módon eljussanak, ennek komoly eszköze lehet az Internet, persze megfelelő jogosultsági rendszerhez kötve.

Napjainkban egyre többen felismerik (cégek és magánszemélyek egyaránt), hogy a környezetszennyezés mára már akkora méreteket öltött, hogyha így folytatjuk, hamarosan a Föld minden természeti kincse és élőlénye megmérgeződik, eltűnik. Ennek elkerülése érdekében elkezdtek különféle preventív lépéseket tenni, mint például a szelektív hulladékgyűjtés, a talaj szeny-

nyezettségének figyelése, zöldterületek kiépítése, vagy a környezetre káros anyagok minél eredményesebb kiszűrése.

Jelenleg kialakult gazdasági viszonyok mellett nincs lehetőség további méréseket folytatni, ezért felértékelődnek az eddig elvégzett kísérletek eredményei. Egy szennyezés esetén, ezen eredmények tanulmányozása, modellek megalkotása, vagy meglévő modellekbe való beépítése nagy segítség lehet a probléma precíz és gyors elhárítására.

A vizsgálatokat ki kell terjeszteni több talajtípusra 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 lenne a potenciális környezetszennyező területek (gyárak, szeméttelpek, stb.) rendszeres vizsgálata.

Ezen munkák, vizsgálatok, kísérletek számos tudományterületet érintenek, ezért az együttműködéshez az adatok központi hozzáférést kell biztosítani, ami egy megfelelő informatikai hátteret igényel.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- (1) Bohn H. L. – Mcneal B. L. – O'Connor G. A. (1985): Talajkémia, Mezőgazdasági Kiadó – Gondolat Kiadó, Budapest.
- (2) Brencsány J. (1983): Új orvosi szótár, Akadémia Kiadó, Budapest.
- (3) Filep Gy. (1999): Talajtani alapismeretek I-II., Debreceni Agrártudományi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar, Debrecen.
- (4) Hunyadi L – Mundruczó Gy. – Vita L. (2001): Statisztika, Aula Kiadó Kft., Budapest.
- (5) Moser M. – Pálmai Gy. (2006): A környezetvédelem alapjai, Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., Budapest
- (6) Pais I. (1980): A mikrotápanyagok szerepe a mezőgazdaságban, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 142 pp.
- (7) Pais I. (1984): A mikroelemek jelentősége a mezőgazdasági termelésben kutatásuk helyzete a világban, Kertészeti Egyetem, Budapest.
- (8) Szabó S. A. – Regiusné Mócsényi Á. – Győri D. – Szentmihályi S. (1987): Mikroelemek a mezőgazdaságban. Esszenciális nyomelemek, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- (9) Takács S. (2001): Nyomelemek nyomában, Medicina Könyvkiadó Rt., Budapest.
- (11) <http://www.vitaminok.info/molibden>