

**KÖRNYEZETVÉDELMI ÉS TERÜLETFEJLESZTÉSI MINISZTERIUM  
MTA TALAJTANI ÉS AGROKÉMIAI KUTATÓ INTÉZETE**

**Környezet- és  
természetvédelmi kutatások**

**A talajok és növények  
nehézfém-tartalmának vizsgálata**

Írta:

**Dr. Kádár Imre**

Sajtó alá rendezte:

**Ligetiné Nechay Erzsébet**

**Budapest  
1991**

**A talajok és növények  
nehézfém tartalmának vizsgálata**

**Írta:  
Dr. Kádár Imre  
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete**

**Sajtó alá rendezte:  
Ligetiné Nechay Erzsébet  
Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium**

**Kiadja:  
Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium  
MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete  
Megjelent 800 példányban**

9119920 AKAPRINT Nyomdaipari Kft. Budapest. F.v.: dr. Héczey Lászlóné

ISBN 963 04 17669

## BEVEZETÉS

Környezetünk toxikus nehézfém-terhelése az ipari korszakot megelőző időkhöz képest többszörösére nőtt. A kémiai környezetszennyezés alapvető egészségügyi és ökológiai jelentőséggel bír. A jelenkori problémák sürgős beavatkozást igényelnek. Bizonyos nehézfémek a városi porban koncentrálnak, szennyezve a nagyvárosok levegőjét, növényzetét és talaját. A közlekedés és az ipari tevékenységen túlmenően a nehézfém-szennyeződésnek mezőgazdasági forrásai is lehetnek. Ilyenek elsősorban a műtrágyák, szerves-trágyák, szennyvizek, szennyvíziszapok és a peszticidek.

Végső soron a talaj-növény-állat táplálékláncon keresztül a toxikus nehézfémek közvetlenül veszélyeztetik egészségünket. A nemzetközi irodalomban közölt adatok tág határok között mozognak, tehát csak iránymutatóul szolgálhatnak. Nem helyettesíthetik a hazai kutatásokat. Csak részletes és alapos hazai vizsgálatok segítségével alkothatunk képet környezetünk (talajok, növények, szennyezőforrások stb.) állapotáról és tervezhetjük meg a szükséges beavatkozásokat.

E kutatásoknak egyértelmű választ kell adniuk a nehézfémek forrásairól, azok nagyságrendjéről és a kibocsátás időbeli alakulásáról. Meg kell állapítani, hol megy végbe veszélyes mértékű akkumuláció. Fel kell állítani ezen elemek mérlegét országos, esetleg regionális szinten. Az eredményeket szintetizálni kell, levonva a főbb tanulságokat és javaslatokat kidolgozni a szükséges beavatkozásokra.

A fenti elveket figyelembe véve készült el a Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium megbízásából "A talajok és növények nehézfém-tartalmának vizsgálata" című K+F munka. A jelentés az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete által e témában elért kutatási eredményeit adja közre. Ezek a kutatások egy folyamatban levő munka közbülső termékei. Úgy véljük azonban, hogy az MTA TAKI eddigi, nem lezárt kutatásai is felkelthetik mindazok érdeklődését, akik az élet minőségének megőrzése és a soron következő generációk egészségének védelme érdekében tájékozódni és tenni akarnak.

Az Intézet több mint négy évtizedes kísérleti tevékenysége, agrokémiai kutatási tapasztalata, szellemi potenciálja, valamint infrastruktúrája (laboratóriumok, műszerezettség, képzett technikai személyzet, szabadföldi és tenyészedény kísérleti bázisok stb.) garanciát nyújthat arra, hogy a közeli jövőben megbízhatóbb ismereteket, határértékeket, országos áttekintést nyerjünk a nehézfémekről.

Jelen kiadványunk az 1988-1990. közötti időszak eredményeit öleli fel értékelő szöveges és részletes konkrét táblázatos megjelenítéssel. Ajánljuk az e témában dolgozó irányító, szaktanácsadó szervezetek szakembereinek, a mezőgazdasági oktatás és kutatásban, valamint tágabban a környezetvédelemben érdekelteknek.

## TARTALOMJEGYZÉK

1.	Előzmények, általános megjegyzések .....	
2.	Alkalmazott módszerek, kutatási irányok .....	
3.	Nehézfémek a környezetben .....	
3.1	A környezetszennyezés forrásai és a növényi felvétel .....	
4.	Néhány kiemelt fontosságú toxikus nehézfém viselkedésének rövid jellemzése a talaj-növény rendszerben.....	
4.1.	Kadmium (Cd).....	
4.2.	Króm (Cr) .....	
4.3.	Higany (Hg).....	
4.4.	Nikkel (Ni).....	
4.5.	Ólom (Pb).....	
4.6.	Arzén (As) .....	
4.7.	Berillium (Be) .....	
4.8.	Kobalt (Co).....	
4.9.	Szelén (Se) .....	
4.10.	Vanádium (V) .....	
4.11.	Egyéb elemek: Antimon (Sb), Bizmut (Bi), Stroncium (Sr), Tellur (Te) .....	
5.	A talajok ásványi összetételének változása műtrágyázással.....	
5.1.	Meszes vályog csernozjom .....	
5.2.	Savanyú homoktalaj.....	
6.	Műtrágyák ásványi összetétele .....	
6.1.	Nitrogén műtrágyák .....	
6.2.	Foszfor műtrágyák .....	
6.3.	Kálium műtrágyák .....	
7.	Szántóföldi növények elemösszetételének vizsgálata .....	
7.1.	Rozs és triticales elemeinek dinamikája a tenészedés során .....	
7.2.	A búza elemeinek dinamikája a tenészedés során .....	
7.3.	A szója ásványi összetétele.....	
7.4.	A dohány ásványi összetétele.....	
8.	A meszesítés és műtrágyázás kölcsönhatásának vizsgálata tenészedési kísérletekben savanyú erdőtalajon .....	

9. Összefoglalás, következtetések .....	
10. Felhasznált irodalom .....	
11. Táblázatok 1-51. ....	
12. Angol nyelvű összefoglaló 1-12.....	

### *1. Előzmények, általános megjegyzések*

A Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Minisztérium (KVM) mint megbízó, valamint a Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete (MTA TAKI) mint vállalkozó között létrejött kutatási szerződés tette lehetővé e munka elvégzését.

Az első évben 500 eFt, míg a második évben, 1990-ben 1000 eFt volt a megbízás összege. A talaj-növény-műtrágya rendszer elemforgalmának vizsgálata rendkívül költségigényes, amennyiben egzakt szabadföldi és tenyészedény kísérleteket, valamint kiterjedt analíziseket feltételez. A kutatások anyagi fedezetét 50 %-ban a megbízó KVM és 50 %-ban az MTA TAKI saját forrásaiból fedezte. Pusztán az analízisek értéke mintegy 250 eFt volt 1989-ben, míg 1990-ben meghaladta az 500 eFt értéket, a minimális ezer Ft mintánkénti összeggel számolva.

Ehhez járultak a tartamkísérletek fenntartásának, a mintavételeknek (kiszállások, szállítás), statisztikai elemzéseknek, a kutatási rezsiköltségeknek tételei stb. Mindez a kutatás jellegéből adódott, hiszen alapvető hiányzó adatok és információk szerzése volt a cél, annak az úrnek az enyhítése, mely Nyugat-Európa és hazánk között e téren fennáll. A hagyományos agrokémia ugyanis elsősorban az esszenciális, a növények ásványi táplálásában nélkülözhetetlen elemek forgalmát vizsgálja. A hazai agrokémiai kutatásban elsősorban anyagi támogatás hiányában nem jött létre a toxikus nehézfémek forgalmával foglalkozó, a környezetvédelem igényeire is választ adó irányzat.

A talajba, növénybe és a táplálékláncon át végül az emberbe kerülő toxikus nehézfémek egyik alapvető forrását a műtrágyák képezik. A műtrágyázás megváltoztatja a talajok tápanyagállapotát, reakcióviszonyait, kemizmusát. Felhalmozódhatnak bennük bizonyos nehézfémek, ill. megváltozik azok felvehetősége a növények számára. Sajnos, nincsenek megbízható adataink arra vonatkozólag, hogy:

- Milyen a hazánkban használatos, ill. milyen volt az elmúlt évtizedekben használt műtrágyák ásványi (nehézfém) összetétele?
- Milyen a főbb szántóföldi növényeink háttérterhelése, mennyi nem esszenciális, toxikus nehézfémet tartalmazhatnak?
- Mennyiben befolyásolja a műtrágyázás a nehézfémek felvételét, akkumulációját gazdasági növényeinkben, eltérő talajokon?
- Milyen befolyásolja a meszezés, ill. a talajok elsavanyodása a nehézfémek felvételét?
- Milyen a hazai művelt talajok átlagos nehézfém-tartalma és mennyiben befolyásolhatja azt a tartós intenzív műtrágyázás?

Ezzel csak azokat a legfontosabb kérdéseket érintettük, melyek megválaszolása nélkül nem ítéhető meg környezetünk állapota, nem tárhatók fel a végbemenő változások (irányuk, sebességük), és nem adható megalapozott útmutatás a nemkívánatos hatások elkerülésére.

A káros nehézfémek talaj-növény rendszerben történő esetleges akkumulációjának, forgalmának kutatása során az a módszertan, ill. azok az általános elvek lehetnek irányadók, melyeket az agrokémia tudománya az elmúlt mintegy két évszázados fejlődése során - főként a mikroelem-kutatásban- kidolgozott. Az ásványi anyagok (elemek) rendkívül összetett, biotikus és abiotikus folyamatoknak alávetve alakulhatnak át a talajban, kerülhetnek a növénybe, állatba és emberbe.

Különösen igaz a mikroelemek esetében, hogy gyakran nem abszolút mennyiségük mérvadó a talajban, hanem a felvehetőségük. Tehát az, hogy milyen formában fordulnak elő. Másrészt a felvételüket döntően befolyásolhatják a növényi felvétel mechanizmusai, kölcsönhatásai, mint pl. az egyes elemek közötti szinergizmusok és antagonizmusok. A kölcsönhatások vizsgálata tehát alapvető kutatási feladat, e nélkül a toxikus nehézfémek viselkedése, tágabban bármely elem viselkedése meg nem ismerhető. Ez a körülmény szükségessé teszi az összetettebb, többtényezős (drágább) kísérleti modellek alkalmazását, ahol pl. a meszezés és a műtrágyázási szintek kölcsönhatásai együtt jelennek meg az esszenciális tápelemek és a nem esszenciális, nemkívánatos nehézfémek felvételében.

## *2. Alkalmazott módszerek, kutatási irányok*

A jelentés bevezető részében „Nehézfémek a környezetben” címmel megkíséreltünk egy általános átfogó szemléletet nyújtani a témában. Itt röviden összefoglaltuk a környezetszennyezés forrásait, különösen a mezőgazdasági forrásokat és a növényi felvétel szerepét, durva becsléssel (nagyságrendileg) utalva szántóföldi növénytermesztésünk szerepére.

A következő fejezetben néhány kiemelt fontosságú toxikus elem viselkedését jellemeztük a talaj-növény rendszerben. Ezek az arzén, berillium, higany, kadmium és kobalt, valamint a króm, nikkell, ólom, szelén és vanádium. A hagyományos agrokémiai irodalomból szinte hiányoznak az említett elemek, hiszen valójában nem nélkülözhetetlenek, vagy bizonyítottan és egyértelműen pótolhatatlanok a növényi élet szempontjából. A rövid irodalmi fejezet megelőzi a kísérletes részt, adatközlő és hiánypótló funkciót is betöltve, segítve az általunk kapott eredmények megbízhatóbb értelmezését, valamint a következtetések levonását, javaslatok megfogalmazását.

A talajok ásványi összetételének elemzése arra irányult, hogy a műtrágyázási tartamkísérletek eltérően kezelt parcelláinak szántott rétegében kövessük nyomon a vizsgált elemek előfordulását, az analitikai adatok szórását, esetleges változásokat tartós műtrágyázás hatására. A meszes vályog csernozjom és a savanyú sovány homoktalaj átlagos összetételének „összevetése” számos tanulsággal szolgált a nehézfémek „háttér-terhelésének” megítélése szempontjából. Nem törekedtünk azonban részletes talajbankot vizsgálni, nem a hazai talajváltozatok összehasonlítása volt a célunk. Erre vonatkozóan korábban a MÉM NAK közölt tájékoztató adatokat, melyeket itt is bemutatunk. Növénykísérletek nélkül ugyanis a talajváltozatok önmagukban való elemzése nem nyerhet élettani értelmet. Az adott kutatási keretek között elsősorban a növényi felvétel megértésére koncentráltunk.

A műtrágyák ásványi összetételét igyekeztünk egy kiterjedt mintagyűjtemény segítségével megítélni. Ez tulajdonképpen olyan műtrágyabankot jelentett, melyet az MTA TAKI az elmúlt 30 évben gyűjtött össze. A minták különböző korú, származású és fajtájú műtrágyaféleségeket foglaltak magukban.

A növényi összetétel megismerése céljából növénybankot állítottunk össze különböző évekből származó növényfajok, növényi szervek, évek mintáiból. A növényeket szabadföldi műtrágyázási tartamkísérleteink eltérő parcelláiról gyűjtöttük, különböző talajokat reprezentálva. Az NPK ellátás és a meszezés kölcsönhatásának elemzését a növényi felvétellel

egy többtenyezős, 128 kezelést reprezentáló,  $2 \times 4^3$  típusú tenyészedeny kísérletben mutattuk be. Az analizált növényminták száma összesen meghaladta a félezret. A vizsgálat 27 elemre terjedt ki, így csupán az összes növényi alapadatok száma több mint tízezer volt.

A nagyszámú analízissel sikerült a főbb szántóföldi kultúrnövényeink nehézfém összetételéről adatokat nyernünk (búza, rozs, triticales, szója, dohány, kukorica stb.). Megítélhettük 1-2 növény példáján a nehézfémek és ritkán vizsgált elemek felvételi dinamikáját, változását a tenyészidő folyamán a fontosabb földfeletti növényi szervekben. Sikerült azonosítanunk, hogy mely elemek akkumulálódnak a fogyasztásra kerülő főtermékben, mely elemek maradnak a táblán, leszántva visszatérnek a talajba. És végül szemléletesen és egzakt módon feltárhattuk az NPK ellátás és meszezés hatását, ill. kölcsönhatásuk irányát és mértékét az eddig viszonylag ismeretlen elemekre. Ezzel először szolgáltatunk számszerű adatokat a hazai irodalomban számos nehézfém viselkedéséről. A kölcsönhatások feltárása méltán tarthat igényt nemzetközi figyelemre is, megítélésünk szerint.

A jelentés végén összefoglaltuk az eddigi kutatásaink eredményét, levonva a következtetéseket, és javaslatokat dolgoztunk ki a további kutatómunkára, ill. a nemkívánatos nehézfémterhelés csökkentésére, megfogalmazva annak tudományos alapjait, agrokémiai módszereit. A legfontosabb irodalmi forrásmunkák jegyzékét szintén közöljük.

A talaj, a műtrágya és a növényi mintákat az MTA TAKI Agrokémiai és Növénytaplálási Osztályán készítettük elő ICP vizsgálatokra. 1 g légszáras anyagot mértünk be teflonbélésű feltárási lombikokba, majd  $10 \text{ cm}^3$  cc.  $\text{HNO}_3$  hozzáadása után egy éjjelen át szobahőmérsékleten állni hagytuk. Ezután  $4 \text{ cm}^3$   $\text{H}_2\text{O}_2$  hozzáadását követően a mintákat 4 órán át  $110 \text{ }^\circ\text{C}$ -on tartottuk. A lehűlt mintákat  $36 \text{ cm}^3$  desztillált vízzel hígítottuk és szűrtük.

Egy esetben, korábbi kísérleteinkben tájékozódási céllal ettől eltérően is elvégeztük az ICP meghatározásokat: a talajt AL-kivonatból, a pétisót és a kálisót vizes kivonatból, míg a szuperfoszfátot 2 %-os citromsavas oldatból vizsgáltuk. Mivel a cél a talaj-növény-műtrágya rendszer összes elemforgalmának figyelemmel kísérése volt, alapvetőnek a cc.  $\text{HNO}_3$ +cc.  $\text{H}_2\text{O}_2$  feltárást tekintettük, mely módszer elsősorban nem a felvehető vagy az ún. könnyen oldható, hanem az „összes” készlet jellemzésére szolgálhat. Erre vonatkoznak az idézett irodalmi vizsgálatok eredményei is. A meghatározásokat az MTA TAKI, a Kertészeti Egyetem, valamint részben a Hajdú-Bihar megyei NAÁ laboratóriumai végezték.

A téma kidolgozásában segítséget nyújtottak, ill. részt vettek: Koncz József laborvezető, dr. Biczők Gyula tud. munkatárs, dr. Lásztity Borivoj tud. főmunkatárs, valamint dr. Sarkadi János tud. tanácsadó. Köszönet illeti az érintett laboratóriumok munkatársait, valamint a Kísérleti Telepek dolgozóit hozzájárulásukért.

Zárójelentésünkben az egyedi, parcellánkénti adatok közlésétől eltekintettünk, csak a statisztikailag is értékelhető (általában több ismétlés átlagát reprezentáló) kezeléshatások bemutatására szorítkoztunk (már terjedelmi okokból is. Az első évi részjelentésben megfogalmazott főbb kutatási eredmények, összefoglaló táblázatok, valamint az ebből levonható következtetések, melyek megerősítést nyertek, a zárójelentés részét képezik.

### *3. Nehézfémek a környezetben*

Az emberi tevékenység ma már olyan mérvű beavatkozással jár a környezetébe, amely gyakran irreverzibilis változásokat eredményez. A problémák ma már regionálisan, sőt globálisan jelentkeznek és a földi élet alapjait veszélyeztetik. A földi életet fenntartó rendszert, mely egy regeneratív rendszer, nem tudjuk eléggé értékelni, mert nem mi hoztuk létre.

Valójában még nem is értettük meg, hiszen a szaktudományok külön-külön képtelenek feltárni az igen összetett jelenségeket. A szűk specialisták hada képtelen megbirkózni a jelentkező komplex problémákkal, hiányzik az áttekintés. Ugyanakkor minden tudományág felelős a földi élet megőrzéséért, ezért együtt kell a jelenségeket vizsgálni, ahogy azok a természetben megnyilvánulnak.

Míg a geológiai és biológiai változások a talaj felszínén viszonylag lassúak, az emberi tevékenység kumulatív hatása exponenciálisan nőtt az utóbbi időkben és gyakran az emberi természetes környezet romlását eredményezte. A mezőgazdasági tevékenység eredményeképpen pl. mesterséges agroökoszisztémákról beszélhetünk napjainkban. Bár az ember hatása a bioszférára már a kőkorszaktól számítható, csak a 20. század utolsó felében vált a környezetszennyezés és az ökoszisztémák degradációja akuttá.

A kémiai környezetterhelés, különösen a mikroelemek és toxikus nehézfémek felhalmozódása meghatározó egészségügyi, biológiai, ökológiai jelentőséggel bír. Ahhoz, hogy a mikroelemek forgalmát megismerjük, külön és részleteiben is vizsgálunk kell a talajok, növények, trágyaszerek (hulladékok, műtrágyák, szennyvíziszapok stb.), valamint a levegő és a víz ásványi elemeinek változását. Az energia és ásványi nyersanyagok termelése és fogyasztása együttjár a mikroelemek környezetbe való kibocsátásával. Különösen veszélyesek e téren a Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, valamint az As, Be, Co, Se, V. A mikroelemek növényi és állati táplálásban játszott szerepét potenciális toxicitásuk, ill. hasznosságuk alapján az 1. táblázat foglalja össze.

A növényvilágban, különösen a magasabbrendű növényeknél, akkor tekintünk egy elemet esszenciálisnak, nélkülözhetetlennek, ha az alábbi kritériumoknak megfelel (Hewitt és Smith 1974):

1. Hiánya közvetlenül a növény abnormális növekedését vagy életciklusának megszakítását, ill. pusztulását okozza.
2. Hatása specifikus és más elemmel nem helyettesíthető.
3. Hatása a növekedés vagy az anyagcsere valamely területén közvetlenül érvényesül. A másodlagos vagy közvetetten kedvező hatások, mint pl. az antagonizmus vagy szinergizmus útján elősegítése egyéb elemek felvételének, nem minősítik az adott elemet esszenciálisnak.
4. Adagolásával a hiányjelenség megszüntethető.

Az állati táplálásban a nélkülözhetetlenség kritériumait Underwood (1977) hasonlóképpen fogalmazza meg:

1. Tartósan szignifikáns növekedést ill. gyarapodást eredményez a takarmány kiegészítése ezen elemmel, és csakis önmagában adva.
2. A hiányos ellátottsági állapot mindenképpen és bizonyíthatóan bekövetkezik, amennyiben a takarmány nem tartalmazza.
3. A hiányos ellátottság előfordulása, valamint a vér vagy az állati szövetek normálisnál alacsonyabb elemtartalma közötti korreláció egyértelmű és tükrözi az adott elem 1. és 2. pontban említett hatását.

A mikroelemek nélkülözhetetlensége, hasznossága, valamint potenciális toxicitása az 1. táblázatban nyújtott áttekintésen túl az alábbiakban jellemezhető mai tudásunk alapján:

- A magasabbrendű növények számára esszenciális: Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo.
- A nitrogénkötő baktériumok és algák számára: Co, részben Se, V is.
- Az állatok számára: As, Co, Cr, Cu, F, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Sn, V, Zn.

Az ásványi elemekre is alkalmazandó az a gyógyszertertanban általános iránymutató alapelv, hogy minden anyag kis mennyiségben szükséges (hasznos vagy nélkülözhetetlen), míg nagyobb mennyiségben káros, esetleg mérgező.

### 3.1. A környezetszennyezés forrásai és a növényi felvétel

A légszennyeződés leggyakoribb oka kétségtelenül a fosszilis tüzelőanyagok (szén, olaj) égetése energianyerésre, valamint a metallurgiai ipar, bányászat. Természetes úton terheli az atmoszférát a vulkáni tevékenység, porviharok, a vízfelületek és a talajtakaró felületéről történő gázcsere stb.

Az atmoszférából lecsapódó száraz vagy nedves üledék a felszínre jut, így a zöld növényi részek, a földfeletti hajtások kémiai összetétele indikátora lehet a szennyezett területeknek, összehasonlítva a hasonló talajon fejlődött, nem szennyezett területekével. A nehézfémek jó része a vizekben ugyanakkor a lebegő vagy leülepedő kolloidokhoz kötődik, vagy beépül a szerves élő anyagba. Így a növényi planktonok, ill. az üledék analízise jelezheti a szennyeződés mértékét.

A gáz vagy gőz formájában könnyen eltávozó elemek mobilitását befolyásolhatja a mikrobiális transzformáció is (Hg, Se, Te, As, Sn). Szennyvizek és szennyvíziszapok jelentős mennyiségű mikroelemet tartalmazhatnak, ezért szigorú előírások szabályozzák elhelyezésüket mezőgazdasági területen. Összességében a talajok mikroelem mérlege pozitív a növekvő ipari és mezőgazdasági tevékenység eredményeképpen. Különösen gyors a nehézfémek akkumulációja a nagyvárosok talajaiban. Bizonyos nehézfémek a városi porban koncentrálnak. Így pl. Tokio pora a becslések szerint évente 0.05 ppm Cd, valamint 0.5 ppm Pb és Mn akkumulációt eredményez.

A nyomelem szennyeződés mezőgazdasági forrásai kétségkívül elsősorban a műtrágyák, szennyvíziszapok, szerves trágya és a peszticidek. Ezek összetételéről a 2. táblázat ad áttekintést. A talajok mikroelem összetételéről ma már számos szerző közölt adatokat, sőt határértékeket is javasoltak a megengedhető maximális összes mikroelem tartalmára vonatkozóan (3. táblázat). Amint a közölt irodalmi eredményekből kitűnik, nagyságrendi vagy több nagyságrendbeli különbség is fennállhat ezen elemek készletében az egyes talajok között, a genetikai vagy emberi beavatkozás következtében. Elsősorban az ipari körzetek és a tartós szennyvíziszap kezelés alatti területek váltak szennyezetté.

A műtrágyák mikroelem ill. nehézfém összetételéről csak az utóbbi két évtizedben közöltek átfogó, a fontosabb toxikus elemekre is kiterjedő adatokat. Kétségtelen, hogy elsősorban a foszforitok és a foszfor műtrágyák jelenthetnek számba veendő terhelést a talajra (4. táblázat). Származásuktól, geológiai eredetüktől és a gyártástechnológiától függően a nyersfoszfátok, ill. a foszforműtrágyák összetétele, amint az 5. táblázat adataiból is látható, több nagyságrenddel is eltérhet.

A fentiekből következik, hogy csak a részletes és alapos hazai kutatások segítségével nyerhetünk képet talajaink, műtrágyáink és itt termesztett növényeink összetételéről. Az eddigi nemzetközi adatok szinte használhatatlanok a magyar mezőgazdaság mikroelem forgalmának, a talaj-növény-trágya rendszer nehézfém forgalmának megítélésére. Mindössze iránymutatóul szolgálhatnak, de nem helyettesíthetik a hazai kutatásokat. Ahhoz tehát, hogy pontosabban megítéljük környezetünk állapotát, felmérhessük a változások irányát és mértékét, valamint megtervezzük a szükséges beavatkozásokat, rendszeres kísérletes kutatásokra lesz szükség.

Az eddigi, meglehetősen bizonytalan és hiányos kutatások alapján már egyértelműen megállapítható, hogy még a természetes ökoszisztémák talajainak mikroelem mérlege is általában pozitív, nemkívánatos felhalmozás áll fenn (6. táblázat). A legújabb svéd kutatási eredmények szerint pl. a svéd mezőgazdaság becsült Cd mérlege mintegy 1.5 g/ha Cd akkumulációt mutatott ki évente, amely háromszorosan meghaladja a talajból eltávozó éves mennyiséget és 0.3 % készletnövekedést eredményez a szántott rétegben (7. táblázat).

Az elemek újrahasznosításában elsősorban a növényeknek van szerepe, a talajból történő egyéb veszteség mint pl. a kilúgzás, erózió stb. jelenségén kívül. A növények szöveteikben felhalmozzák a nehézfémeket, alkalmazkodva a környezethez, esetenként igen nagy mennyiségben a szennyezett területeken. Közvetítik az elemeket nemcsak a talajból, hanem részben a vízből és az atmoszférából is. Ez a közvetítés lehet passzív mint pl. a légkörből a növény felületén történő lerakódás, vagy aktív a felvétel során.

Egyes fajok képesek nagy mennyiségben felvenni elemeket, míg mások nem. Ez a szelektivitás eredményezi azt is, hogy a növények összetétele eltérő ugyanazon a talajon is. Legkifejezettebben általában az aktívan fotoszintetizáló zöld növényi részek ill. a levelek jelzik a növény tápláltsági állapotát. Bizonyos elemek nehezen mozognak a növényben, így a gyökerekben halmozódnak fel, mint pl. a Cu. Amint a 8. táblázatból kitűnik, a növények összetétele nagyságrendekkel különbözhet a szokásos esetben is, különösen extrém koncentrációk léphetnek fel azonban a mérgező tartományban.

A 9. táblázatban megkíséreltük a vizsgált 8 nehézfém (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) átlagos mennyiségét megítélni főbb mezőgazdasági növényeinkben, az irodalmi adatok alapján. Hazánk mezőgazdasági területére vetítve mintegy 25 millió tonna betakarított főtermékkel számolva, a növénytermesztéssel évente mintegy 5 t Cr, 7-8 t Hg, 25 t Cd és Pb, 50 t Ni, 250 t Cu és 1250 t Zn távozik talajainkból. Ezt a becslést tekinthetjük első megközelítésnek, melyet a későbbiekben elegendő saját adat alapján pontosíthatunk.

#### *4. Néhány kiemelt fontosságú toxikus nehézfém viselkedésének rövid jellemzése a talaj-növény rendszerben.*

##### **4.1. Kadmium (Cd)**

A Cd a talajban meglehetősen immobilis, a felszínre került Cd általában addig a mélységig jut le a talajprofilban, ameddig a talajműveléssel bedolgozták. Ezért veszélyes mértékben is felhalmozódhat. A Cd a talajban többféle kémiai formában lehet: a talajoldatban oldott állapotban, szerves és szervetlen kolloid felületeken adszorbeáltan, talajásványokba zárva okklúzióval, más vegyületekkel képzett csapadék formájában és biológiai szerves kötésben. A Cd megoszlása a különböző frakciók között meghatározó szerepű a Cd növényi felvehetőségében.

Normális körülmények között, szennyezetlen talajban mérhető szintje az anyakőzettől függ. A legkevesebb Cd-ot a vulkáni kőzetek tartalmazzák, a metamorf kőzetek valamivel többet. A legtöbb Cd az üledékekből származó kőzetekben, illetve talajokban van. A talajok átlagos Cd-tartalma néhány tized ppm, 0.5-1 ppm közötti értékek előfordulhatnak. Példaként néhány adat: Japánban rizsföldeken 0.4 ppm (max. 7.1 ppm), farmok területén (szántóföldön) 0.3 ppm (max. 1.0 ppm), gyümölcsösben 0.3 ppm (max. 1.2 ppm) Cd tartalmat mértek. Az NSzK-ban szennyezetlen területeken, lakóterületeken 0.4 ppm volt a talaj Cd-tartalma. Norvégiából, Ausztriából és Kanadából is hasonló értékekről számoltak be.

A különböző szilárd, illetve folyadékfázisban lévő Cd-formák közötti egyensúlyt befolyásoló folyamatok nem ismertek még teljesen. Az egyensúlyt és ezzel a Cd növényi felvehetőségét befolyásoló talajtényezők közé sorolják a talaj pH-ját, hőmérsékletét, a szervesanyag-tartalmat, a redox potenciált, a T értékét, természetesen az összes Cd-tartalmat, más oldott anyagok (P, Cu, Zn, Ni stb.) jelenlétét a talajoldatban. A redox viszonyok a mezőgazdasági művelés

körülményei között ritkán változnak nagymértékben, így nem nagyon befolyásolják a Cd-formákat. Gyakorlati szerepük az árasztásos rizsnevelésnél, vagy esetleg egyéb kultúrák egy ideig tartó árasztásos öntözésénél lehet.

Vita van az irodalomban arról, hogy a talajok T-értéke befolyásolja-e a Cd felvehetőségét. Eredetileg is különböző T-értékű talajokat összehasonlítva szinte biztosra vehetjük, hogy ettől nem függ a Cd felvehetősége. Azokban a kísérletekben, amelyekben a T-értéktől függőséget állapítottak meg, a T-érték mesterséges kísérleti megváltoztatására használt vegyületek valószínűleg a Cd formákat változtatták meg a talajban.

A Cd felvehetőségét befolyásoló egyik legfontosabb tényező a pH. Kisebb pH-n nagyobb a növények Cd-felvétele. Még a Cd hozzáadása nélküli, szennyezetlen talajban nevelt növényekben is kisebb a Cd-tartalom a lúgosabb pH-n, mint savanyú talajban nevelve. Ha a talajt Cd-mal szennyezték, a különbség fokozódik, savanyú talajon a növény Cd-tartalma többszörösére nőhet, míg a semlegeshez közeli lúgos pH-n nem, vagy alig változik. Meszezéssel tehát csökkenthető a növények Cd-felvétele. Szója levelében pl. 5.3 pH-jú szennyezett talajon nevelve a növényt 33 ppm Cd-ot mértek. Ugyanezen a talajon, meszezés után, pH 7-en nevelve a levél csak 5 ppm Cd-ot tartalmazott.

A talaj nagyobb szervesanyag-tartalma szintén csökkenti a Cd felvehetőségét. Kísérletekben kimutatták, hogy a szerves formában adott Cd-ból a növények többet akkumulálnak, mint az iszap formájában adottból, még akkor is, ha az iszappal kezelt területen az iszapkezelés következtében csökkent a pH. Feltételezhető, hogy a szerves formában kötött Cd kevésbé felvehető a növények számára. A Cd adagolása után eltelt idő is befolyásolhatja a Cd felvehetőségét, mert a Cd más formákba alakulhat át. Az iszapban adott Cd felvehetősége az idővel általában csökken, de ha pl. a szerves formában kötött Cd mikrobiális tevékenység következtében felszabadul, a növények könnyebben felvehetik, így a Cd felvehetősége hetek-hónapok-évek elteltével nőhet is a talajban!

A Cd növényi felvételét nemcsak a szerves kolloidok, illetve a talajoldatban a kismolekulájú szerves vegyületek befolyásolják. Kölcsönhatásba léphet ionokkal is. Kimutatták, hogy nem meszezett talajokon a P csökkenti a Cd oldhatóságát a talajoldatban, és ezzel persze felvételét is. Lehet, hogy a szennyvíziszapok magasabb P-tartalmával is összefügg, hogy az iszapban adott Cd kisebb biológiai aktivitású. Kimutattak kölcsönhatásokat a Cd, valamint a Cu, Zn és Ni felvétele között is. A Cu és Ni növekvő koncentrációja csökkentette a Cd-felvételt, a Zn és Cd közötti kölcsönhatás azonban bonyolultabb, a koncentrációtól függően a Zn serkentheti is, gátolhatja is a Cd-felvételt. Ezt mind tápoldatos, mind talajos növényneveléssel igazolták.

Legutoljára említjük a talaj összes Cd-tartalmát mint a növényi Cd-felvétel meghatározóját. Tenyészedeny- és szabadföldi kísérletek összehasonlításából kiderült, hogy nem is olyan egyszerű az összefüggés a talaj Cd-koncentrációja és a növények Cd-tartalma között. A Cd igen kis mobilitása következtében a szabadföldi kísérletekben a gyökerek „túlnőhetnek” a Cd-mal szennyezett rétegen, míg a tenyészedenyt teljesen behálózó gyökérzet teljes egészében a szennyezett talajban nő. Ez jelentős különbséget okoz a kétféle kísérlet eredménye között. Az egyes növényfajok is különbözően reagálnak a talaj növekvő Cd-tartalmára, mint arról alább részletesen szó lesz. Így nem lehet általános szabályt felállítani a talaj összes Cd-tartalma és a növények Cd-felvétele között.

A szennyezetlen talajon nőtt növények eredeti, „natív” Cd-tartalmáról rengeteg adatot gyűjtöttek össze. A környezetszennyezésben a Cd-ot elsődleges fontosságúnak tekintik és ezért nagyon sokan vizsgálták a természetesen, szennyezés nélkül található szinteket összehasonlítás céljából. Az adatok összefoglalásaként megállapítható, hogy súlyra számítva néhány század ppm, szárazsúlyra számítva pedig általában néhány tized ppm. A természetes Cd-szint variációja általában 4-6-szoros, az átlagérték kétszerese vagy fele is előfordulhat. Szélsőséges

esetekben - például paradicsomnál, epernél - 24-szeres különbséget is találtak a természetes Cd-tartalomban (bár ez valószínűleg csak az adott növényre vonatkozó nagyon sok vizsgálati adat következménye). A vegetatív részekben ezen a Cd-tartományon belül inkább a nagyobb értékek fordulnak elő, a gyümölcsök, magvak valamivel kevesebb Cd-ot tartalmaznak.

A Cd fő veszélye a mezőgazdasági elhelyezés során nem annyira fitotoxikusságában van, hanem éppen abban, hogy a növények sokszor látható tünetek nélkül, nagy mennyiségben halmozzák fel, és így könnyen a táplálékláncban kerül. A Cd felhalmozás képességét mutatja, hogy a levegő-talaj-növény rendszerben a Cd jobban koncentrálódik a növényben, mint a Zn. A növény Zn/Cd aránya jóval kisebb lehet, mint a talaj Zn/Cd aránya, vagyis a növény preferáltan halmozza fel a Cd-ot. A szennyezett területeken növekedésből a tehéntejbe jutó Cd mennyisége mérhető.

#### 4.2. Króm (Cr)

A talajban a Cr többféle formában lehet. Cr(III) és Cr(VI) vegyületek egyaránt előfordulhatnak. Az irodalomban általánosan elfogadott, hogy a Cr(VI) toxikusabb a növényekre, mint a Cr(III) vegyületei. A különböző oxidációs fokú és különbözően oldódó Cr vegyületek a talaj kémiai viszonyaitól függően viszont átalakulhatnak egymásba. A talajok eredeti, normális Cr-tartalma néhány ppm és 100 ppm között van, általában 30-40 ppm (egy átfogó amerikai felmérésben 863 talajminta átlagos Cr-tartalma 37 ppm volt). Az ún. szerpentin talajok Cr-tartalma 1000-3000 ppm is lehet.

Az oldható (vízzel kivonható) Cr minden esetben az összes Cr-nak csak kis hányada, általában 0.15 %-nál kevesebb. Valószínűleg ennek is köszönhető, hogy olyan talajokon, amelyek összes Cr-tartalma eredetileg is nagy, a növényzet összetétele általában nem különbözik lényegesen a Cr-ban szegény területekétől, vagyis nem alakulnak ki indikátornövények. A kivonószerek alapján megkülönböztetünk a talajban vízoldható, izotóposan kicserélhető, oldható szerves komplexben lévő Cr-ot és reziduális Cr-ot. A Fe- és Mn-oxidokhoz kötött Cr-ot többféle kivonószerezrel is felszabadíthatjuk, eszerint különbözően kötött formáit különböztetik meg.

A szennyeztelen helyen növekedő növények normális Cr-tartalma általában néhány száz ppb, azaz néhány tized ppm. Növényen belül a hajtásrész (levelek, szárok) Cr-tartalma általában nagyobb, mint a termésé, magvaké. A Cr rendkívül rosszul transzlokálódik a növényben és úgy látszik, hogy a magvakba még kevesebb Cr jut, mint a levelekbe.

A növények Cr-tartalma több adat szerint is kb. 1/50-e a talaj Cr-tartalmának (ez az érték maximálisan 1/5-ig megy fel). Visszaemlékezve arra, hogy a talaj Cr-tartalmának csak néhány vagy néhány tized %-a van vízoldható formában, arra gondolhatunk, hogy a mérésekben szinte kizárólag a föld feletti részek Cr-tartalmát határozták meg és a Cr nagyon rosszul transzlokálódik, a gyökér Cr-tartalma (pontosabban megkötése) igen nagy lehet a talaj vízoldható Cr-tartalmához képest.

A Cr-akkumulációban és transzlokációban a növényfajok között különbségeket mutattak ki. A hajtás Cr-tartalmában 10-szeres, a gyökérében 5-szörös különbségek is lehetnek a fajok között. A legjobb akkumulátornak a karfiol és a céklarépa bizonyult, míg a *Phaseolus aureus* és az árpa akkumulálták a legkevesebbet. A szója Cr-ra érzékenyebbnek látszik mint a búza (akkumulációtól függetlenül).

#### 4.3. Hígany (Hg)

A talajban a Hg különböző formákban lehet és kémiai-biológiai átalakulásokon megy keresztül. A talaj szervetlen és szerves anyagain vegyérték jellegű (valence-type) ionos

adszorpcióval kötődik, az anyagrészecskéken pH 5-7 között atomosan is adszorbeálódik. A talaj szervesanyagával kovalens kötéseket is létesít és kompenzálódhat is.

A talajban a Hg természetes szintje néhány század ppm. Svéd adatok szerint 10-500 ppb között van, átlaga 60 ppb. Az USA-ban 100 ppb körüli értékeket mértek. A talajoldatban ennél jóval kevesebb, mindössze néhány század ppb Hg található. Felszíni vizekben koncentrációja néhány század, esetleg néhány tized ppb, a vízbe került Hg zöme adszorpció és kicsapódás eredményeként az iszapba, üledékbe kerül. Ivóvízben megengedhető max. koncentrációja 5 ppb.

A Hg humán toxicitásában az illó Hg-vegyületeké a fő szerep, a Hg<sup>0</sup> gőzök, illetve az alkil (metil-, etil-, dimetil-) Hg vegyületek könnyen átjutnak az emberi sejtek (pl. agysejtek) lipid membránjain. A talajba került Hg (és még inkább a felszíni vizek iszapjában, üledékében lévő Hg) toxicitását is az illó Hg vegyületekké történő átalakulása okozza. Hg<sup>0</sup> talajban mind szervetlen vegyületekből (szerves anyag jelenlétében, enyhén redukáló környezetben) keletkezhet.

A talaj Hg-tartalmának illó vegyületekké alakulásában a mikrobiológiai út a legjelentősebb. Methanobacterium fajok anaerob körülmények között, Neurospora crassa pedig aerob viszonyok között is képes a Hg-t metilálni. Bizonyos coli-baktériumok gyakorlatilag összes vegyületéből (még az erősen toxikus fenil-merkuri-acetátból is) illó fém-H gőzzé alakítják. Pseudomonas fajok szennyvizek, hulladékok Hg-tartalmát szinte teljes egészében illó vegyületekké képesek átalakítani, ezt a szennyvíztisztításban is felhasználják. A Hg<sup>0</sup> egy részét a talaj anaerob baktériumai HgS-dá alakíthatják át, nagyobb része azonban elpárolog a talajból. Irodalmi adatok szerint aerob talajokban mindenféle Hg-forma előfordulhat, anaerob viszonyok között viszont a talajvízben oldott CH<sub>3</sub>Hg<sup>+</sup> és a gáznemű (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Hg a legvalószínűbb formák. Kimutatták azt is, hogy nedvesebb talajban (ami kedvezhet az anaerob viszonyoknak) az etil- és fenil-Hg gyorsabban alakul át Hg<sup>0</sup>-vá, mint szárazabb viszonyok között.

Növényekben a Hg természetes szintje néhány század ppm (10-200 ppb), Hg-lelőhelyek közelében 500-3500 ppb is lehet. Az irodalmi adatok nem említik a Hg fitotoxikus szintjét, ez valószínűleg nem szokott problémát okozni. Sokkal fontosabb, hogy a növényekbe került kis mennyiségű Hg is a táplálékláncban továbbjutva, az állati és emberi szervezetben toxikus mértékben felhalmozódhat. Erre vonatkozóan ijesztő képet fest az irodalom. A Hg-nak a táplálékláncba kerülését csökkenthetjük, ha 1./ a mezőgazdaságban kevesebb Hg-t használnak fungicidként, csávázószerként (Svédországban pl. betiltották az ilyen szerek használatát); 2./ ha a mezőgazdasági területekre kikerülő hulladékok oldható Hg-tartalmát csökkentik (pl. kénezéssel); 3./ ha a növény Hg-felvételét csökkentjük a Hg rosszul oldódó szervetlen formákká alakításával a talajban (meszezéssel 6.5 fölé tartva a talaj pH-ját Hg-karbonátok, hidroxidok, hidroxikarbonátok keletkeznek, foszfortrágyázás után pedig még ezeknél is rosszabbul oldódó Hg-orto-foszfát keletkezhet); 4./ ha a talajban a Hg metilálását visszaszorítjuk például sok NO<sub>3</sub>-N adagolásával (a kísérleti megfigyelések magyarázata az lehet, hogy valószínűleg a NO<sub>3</sub> redukciójához használódik fel az egyébként a Hg-metilálására fordítható energia).

#### 4.4. Nikkel (Ni)

A talajban előforduló Ni-formákról, a Ni kötődéséről a talaj különböző komponenseihez nem sokat tudunk. A Ni legnagyobb része valószínűleg a szerves (humusz) anyagokhoz stabilan kötődve hajlamos a talaj felső rétegében maradni. Talajban normális szintje 5-500 ppm, az átlag kb. 100 ppm. A talajok Ni-tartalmuk alapján 2 csoportba oszthatók: a homokkőből, mészkőből, savanyú vulkáni kőzetekből képződött talajok általában 50 ppm-nél kevesebb Ni-t tartalmaznak; az agyagos üledékből és bázikus vulkáni kőzetekből képződött talajok Ni-tartalma 5-500 ppm között lehet, az 500 ppm-et meg is haladhatja, sőt az ún. serpentin talajok Ni-tartalma több ezer ppm lehet.

A Ni felvehetőségét az irodalmi adatok szerint elsősorban a talaj szervesanyag-tartalma szabja meg, de az egyéb tulajdonságok hatását mutatja, hogy ha az EDTA-val kivont Ni-tartalom mellett figyelembe veszik a pH, a %-os agyagtartalom és a T-érték összefüggését a kivonható Ni-tartalommal, a felvehető Ni tartalom variabilitása 90 %-ban magyarázhatóvá válik. A Ni kivonhatóságát és felvehetőségét csökkenti a talaj meszezése, a szervesanyag-tartalom növelése, a nagyobb mértékű P- és Mg-adagolás, és befolyásolják a talaj adszorpciós helyei és komplexképző vegyületek jelenléte is. Szerpentin talajokon a talaj pH-ját növelő meszezés, CaCO<sub>3</sub> vagy Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> adagolása egyaránt kedvező volt a Ni-re nagyon érzékeny zab növekedésére, és ugyanezek a kezelések csökkentették az ammónium-acetáttal kivonható Ni mennyiségét is. Nincs azonban mindig ilyen jó összefüggés a kivonható és felvehető Ni-tartalom alakulása között a különböző kezelések hatására. Szerpentin talajokon például híg savak használata kivonószerként erősen túlbecsüli a felvehető Ni-tartalmat. 300 ppm, híg savval kivonható Ni-t tartalmazó talajokon a zab jól nőtt, míg olyan talajokon, melyből ammónium-acetáttal 10 ppm-nél is kevesebb Ni volt kivonható, a zabon toxicitási tünetek jelentkeztek. Bármennyire is jó korrelációt adott tehát az előzőleg említett összehasonlító kísérletben az ecetsavval kivonható Ni a növény által felvett Ni-lel, használatát a szennyvíziszappal kezelt, Ni-lel esetleg erősen szennyezett talajokon kerülni kell.

A talajoldat Ni-tartalmáról normális, szennyezetlen viszonyok között nincsenek adataink. Erősen szennyezett talajok vizes kivonataiban 100 ppm Ni-t is mértek. Ha olyan tápoldatban nevelnek növényeket, melynek Ni-koncentrációja a talajkivonatok Ni-tartalmának tartományában van, a legtöbb növényfaj számára 10 ppm Ni az oldatban már toxikus volt. A talajoldatban nyilván ennél alacsonyabb kell legyen a Ni-koncentráció: 8 ppm gyorsan elpusztította az árpat, 2 ppm Ni toxikus babra és árpára, paradicsom gyökereinek növekedését 70 %-ban gátolja. A len különösen érzékenynek mutatkozott, 0.5-5 ppm Ni-koncentrációnál toxicitási tünetek jelentkeztek. A pohánkánál 0.5 ppm Ni már klorózist okozott. Több szerző szerint Ni-re a zab az egyik legérzékenyebb növény, talajok Ni-toxicitásának mérésére jelzőnövényként használták.

A Ni-toxicitás általában akkor jelentkezik, ha a növény belső Ni-koncentrációja meghaladja az 50 ppm-et. Növekedéscsökkenés, illetve Ni-toxicitási tünetek jelentkeztek, ha fiatal citromfélék levelében 55 ppm, lucernalevélben 44 ppm, zab szalmájában 28 ppm, zabszemben 60 ppm volt a Ni-tartalom. A gyökér általában ennél jóval nagyobb mértékben akkumulálja a Ni-t, és ez a fitotoxicitás fő oka. Vízkultúrában 0, 1, 5, 10, 15 és 20 ppm Ni jelenlétében a gyökérben 50, 270, 480, 3750, 9800 és 20 580 ppm Ni-t mértek. Ez természetesen már letális volt.

Nagy Ni-tartalmú talajokon toleráns fajok is megtalálhatók. Szerpentin talajokon fémeket toleráló ökoszisztéma alakulhat ki, ahol toxicitás jelentkezése nélkül is a fajok Ni-koncentrációja jóval nagyobb lehet, a levélben is 15-1000 ppm Ni, extrém esetekben 10 000 - 20 000 ppm Ni található. Például Alíssum bertolinii termésében 20 405 ppm Ni-t mértek (szárazanyagra számolva). Csehszlovákiai vizsgálatokban szerpentin talajokon (Ni tartalom 260-2600 ppm) növő fajok leveleiben az alábbi Ni-tartalmakat mérték: Pinus sylvestris 195 ppm, Betula sp. 895 ppm, Salix caprea 200 ppm (Nemec, 1954).

Mesterségesen szennyezett területeken egyes növényfajok képesek adaptálódni a nagyobb Ni-tartalomhoz, és jelenleg is folyamatosan alakulnak ki fémre toleráns vegetációk. Az adaptáció képességét eddig szinte csak egyszikű fajokra írták le: Agrostis fajok (A. tenuis, A. gigantea, Cynodon dactylus) és nád (Phragmites communis) mutattak adaptációt. Például erősen szennyezett területről származó nád laboratóriumban továbbtenyésztve 0.5 ppm külső Ni-koncentrációig serkentett növekedésű. A Ni-re toleránssá váló fajok akkor veszélyesek a további hasznosításban, ha a toleranciájuk nagyobb Ni-akkumulációval jár együtt. Erre vonatkozóan kevés kutatási eredmény van, de úgy látszik, mintha a mesterségesen szennyezett körülmények között kialakuló ökotípusok nem tartalmazzanak a normálnál több Ni-t a hajtásban. A természetes eredetű, nagy Ni-koncentrációjú talajokon, hosszú evolúciós fejlődés

alatt kialakuló fajok között viszont olyan akkumulátornövények vannak, amelyek akár 160-szorosan is koncentrálják a Ni-t a talajhoz képest.

#### 4.5. Ólom (Pb)

Az Pb a talajban legnagyobb részben csapadékként vagy különböző szerves és kolloid anyagokhoz erősen kötve található. A kicserélődési felületeken (exchangeable surfaces) szinte leválaszthatatlanul kötődik. Ezért a talajfelszínre került Pb zömmel a felülethez közeli rétegben marad, a talajprofilban lefelé haladva koncentrációja csökken. A talajban a szabad Pb kémiai aktivitása igen kicsi, nyilván a talajoldatban is kis koncentrációban van (adatok nem állnak rendelkezésre).

A földkéregben az Pb átlagos koncentrációja 16 ppm. Szennyezetlen talajokban 40-70 ppm közötti értékeket mértek. Angliai talajok Pb-szintje 10-150 ppm volt. A mezőgazdasági területek Pb-szennyezését okozhatja a forgalmas autóutak mentén az üzemanyagból származó égéstermékek lerakódása, a szennyvíziszap-elhelyezés, ólomtartalmú peszticidek használata (pl. gyömolcsősökben ólomarzenát), sőt a szuperfoszfát és a talajjavításra használt mészkő is tartalmazhat számításba vehető mennyiségben Pb-ot.

A csapadékképződési és adszorpciós folyamatok befolyásolják a talajból való kivonhatóságát és növényi felvehetőségét is. Így pl. a talaj meszesítésével csökkenthető a felvehető Pb szintje. A meszesítés több módon hat: a nagyobb pH-n az Pb oldhatatlan hidroxidot, karbonátot, foszfátot képez; egyes szerzők szerint maga a Ca-ion kompetícióban van az Pb-mal a növényi felvételen; a meszesítés következtében a talaj szerves anyagai könnyebben képeznek komplexet az ólommal. A pH egyéb módon történő növelése szintén csökkenti a Pb felvehetőségét. A csapadékképzésre vezethető vissza, hogy sok P adagolásával, illetve szulfát-adagolással is csökkenthető az Pb felvehetősége. Az adszorpciós folyamatok miatt nagyobb T-értékű talajokból kisebb az Pb felvehetősége. A Fe-, Mn-, Al-oxidokon erősen abszorbeálódik az Pb. Ha talajhoz nagy mennyiségben (3000 ppm) adtak Mn-oxidot, mind az Pb kivonhatósága, mind növényi felvétele csökkent. A talaj nagyobb szervesanyag-tartalma következtében szintén csökken az Pb felvehetősége.

A növények természetes, szennyezésmentes Pb-szintjéről nem sok adat van. Az adatokból úgy látszik, hogy a növények még szennyezett körülmények között is, látható toxicitási tünetek nélkül, nagymennyiségű (és igen változó mértékű) Pb-ot tartalmazhatnak. Általában talajból történő felvételnél a gyökér Pb-tartalma nagyobb mint a hajtásé, és a hajtásban fölfelé haladva csökken az Pb-tartalom. Ennek az az oka, hogy a növények is megkötik az Pb-ot. Az Pb bejuthat a gyökérben az endodermiszig, és a gyökerek felszínén, a sejtfalakban, az ún. szabad helyen megköthető, olyan mértékben felhalmozódva, hogy pl. bab gyökerében egy kísérletben 32 400 ppm Pb-ot is mértek! Ennek az Pb-nak csak töredéke jut be a sejtek belsejébe és megfigyelték, hogy sejtbe jutott Pb vakuólumok membránjához kapcsolódva excitózissal hamarosan újra a sejten kívülre került.

A talaj összes, illetve kivonható Pb-tartalma és a növények által felvehető Pb-tartalom között nem egyértelmű az összefüggés éppenúgy, mint ahogy a növény számára toxikus mennyiségű Pb is nehezen határozható meg.

Néhány példa: 4 ppm Pb-ot tartalmazó homoktalajon nevelt kukorica és saláta Pb-tartalma 88, illetve 37 ppm volt; ugyanabban a kísérletben 95 ppm Pb-ot tartalmazó kötöttebb talajon ugyanezek a növények 18 és 6 ppm Pb-ot tartalmaztak. Magyarázata az lehet, hogy a kötöttebb talaj adszorpciós helyei vetélkedtek az Pb-ért a növényvel.

A levélfelületre a levegőből lerakódott (autóutak, ipartelek környékén elképesztően sok) Pb többnyire közömbös magának a növénynek az élete szempontjából. Üvegházi kísérletekben

kipufogógázzal „megfüstölt” növények 350 ppm Pb-tartalmuk ellenére egészségesek voltak. Levélen már 3000 ppm Pb-ot is mértek. A szőrösebb, érdes felületű leveleken több Pb tapad meg, mint a sima felszínűn. Kísérletek szerint a levélre tapadt Pb-tartalmú részecskéket még 6.7 m/sec, azaz kb 24 km/ó sebességű széllel sem lehetett eltávolítani. Az esőzés viszont nagyrészt lemossa (a talajra!). Különösen a permetezésszerű ködcsitálás a hatásos, amely a levelet sokáig áztatva, végül nagyobb cseppé egyesülve gördül le a levélről.

Az Pb hatását nagyon sok élettani folyamatra is megvizsgálták mind in vivo, mind in vitro rendszerekben. Itt csak néhány olyan adatot idézünk, amelynek közvetlenebb kapcsolata lehet a gyakorlattal. A talaj nagy Pb-szintje csökkenti - látható toxicitási tünetek nélkül - a fotoszintézis sebességét. Ezt szójabab, napraforgóban, kukoricában, fenyőfélékben, Platanus occidentalisban egyaránt kimutatták. Hasonló kísérletekből vannak adatok arra is, hogy a fotoszintézis gátlása milyen belső Pb-koncentrációknál jelentkezik. Ha napraforgó levelében 193 ppm Pb volt, a fotoszintézis intenzitása a felére csökkent. Pinus fajban 60 ppm, Elaeagnusban 72 ppm Pb-tartalom elérésekor - valószínűleg a gázcsere nyílások becsukódása miatt - csökken a fotoszintézis és a transzspiráció.

Összefoglalva az ólom fitotoxicitásáról, mozgásáról a levegő - talaj (trágya) - növény - állat - ember rendszerben kapott adatokat úgy látszik, hogy a növények számára a talajban lévő ólom potenciálisan is viszonylag kis veszélyt jelent, a levegőből lerakódó Pb pedig alig hat magára a növényre. Az Pb viszont a növények levelére, illetve a talajfelszínre lerakódva humán- és állategészségügyi szempontból lehet roppant veszélyes, amikor a külsőleg szennyezett növény és talaj kerül a szervezetbe. Feltétlenül tájékozódni kellene abban az irányban, hogy mi az oka a különböző szerzők által leírt nagyon eltérő mobilitásának a gyökérből a föld feletti részekbe, és hogy ezt milyen tényezők befolyásolják. A folyamat igen veszélyes lehet az élelmiszer- és takarmánytermesztés számára.

#### 4.6. Arzén (As)

Összes mennyisége a talajban általában 10 ppm alatti, azonban a tartós peszticid használat következtében egy-két nagyságrenddel is feldúsulhat a felső rétegben. A felvehető vagy könnyen oldható tartalom a fontosabb, a kísérletek szerint a különböző módszerekkel meghatározott „felvehető” As jobban korrelált a növényi felvétellel, mint az összes tartalom. A talajban meglehetősen nehezen mozog és nem lúgozódik ki.

A növényben ritkán okoz mérgezést vagy termésesökkenést.

A savanyú talajok meszezése gyakran azért nem csökkenti az As felvételét, mert oldható  $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$  vegyületek képződnek a talajban. Kötött talajokon ritkábban léphet fel As toxicitás mint homokon, a magasabb kloridtartalom ill. a jobb megkötődés miatt.

Az As és a P anionok (arzenát és foszfát) kémiai rokonságuk miatt konkurrálnak pl. az agyagásványok felületén való megkötődésükkor. A P/As arány döntő a mérgezés kialakulásakor. Így pl. 4:1 P/As arány felett lecsökkent a búza As mérgezése. A P nemcsak akadályozhatja az As oldhatóvá válását a talajban, hanem a növényi felvételét, ill. a növényen belüli transzportját is. Az egyes növényfajok As érzékenysége igen eltérő az eddigi adatok szerint. Egyes fajok igen jól jelzik a talaj As készletét, képesek felhalmozni, mert a passzív felvétel (tömegárammal) a meghatározó. Így pl. a szennyeztelen, kis As készlettel rendelkező talajon század ppm, míg az erősen szennyezett akár 6-8000 ppm As koncentráció is előfordulhat.

#### 4.7. Berillium (Be)

Talajokban általában néhány ppm mennyiségben fordul elő. Elsősorban a szenek égetésekor kerül a környezetbe mint szennyező forrás, mert a szenek néhány ppm

koncentrációban tartalmazzák. A hamuban elérheti a 100 ppm mennyiséget is. A talajban is a szerves anyaghoz kötődik, komplexeket képez, általában felvehetetlen formában a felső rétegben akkumuláltan. Előfordulhat ásványi formában is mint a  $\text{BeCl}_2$ ,  $\text{BeSO}_4$ , melyek felvehetőek.

A növényben általában tized vagy század ppm mennyiségben fordul elő. Az irodalomban kevés közlés taglalja a Be felvételét. Bár erős növényi mérgező, kis mennyiségben növelte pl. a dohány hozamát 1 ppm Be ( $\text{BeCl}_2$ ) tápoldat esetén. Ugyanakkor 2 ppm felett már számos növény termését csökkentette. Elsősorban a gyökerekben akkumulálódik, majd a levelekben. A Ca, Mg, Mn kationokkal antagonisták a felvétel során.

Savanyú talajokon léphet fel mérgezés, amit meszezéssel korrigálhatunk általában, mert az oldható Be vegyületek megkötődnek. Az öntözővizek Be tartalma alapján 100-500 ppb a megengedhető határ a talajok mézszállapota és kötöttsége függvényében (agyagos, meszes talajon 500 ppb is lehet a víz Be koncentrációja). A Be rákkeltő is lehet és fokozatos terhelést jelent a környezetre, a jövőben hazánkban nagyobb figyelmet kell szentelnünk ezen elem forgalmára.

A pillangósok és a keresztesvirágú növények családjának némely tagja képes akár többszáz ppm mennyiségben is akkumulálni, elsősorban a gyökérben. Mint kation a  $\text{Be}^{2+}$  antagonisták a  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  ionokkal, esetenként a  $\text{Mg}^{2+}$  iont helyettesítheti is. Mivel a legkönnyebb alkáli földfém, viszonylag akadálytalanul felveszik a növények, amennyiben oldható formában van a talajban.

#### 4.8. Kobalt (Co)

A Mg-gazdag szerpentin kőzetekben viszonylag sok a Co is, elérheti a több száz ppm összmennyiséget, míg gránitban alig néhány ppm. Egyébként néhány vagy néhány tized ppm koncentrációban fordul elő. A könnyen oldható, szokásos oldószerekkel meghatározott Co tartalom ritkán éri el a ppm mennyiségeket a talajban.

Növénynek nem egyértelműen szükséges esszenciális tápelem. A szabadon élő baktériumok, kék-zöld algák és a szimbiota rendszerek igénylik a N-kötés során. Fontos azonban mennyisége az állati táplálásban, mert a kérődzőknél hiánya betegséget okozhat. Általában 1 ppm alatt fordul elő a növényben, különösen alacsony a koncentrációja a gabonafélékben, fűfélékben, míg a leveles zöldség és pillangósok gyakran egy nagyságrenddel gazdagabbak Co-ban.

A Co-szegény talajon általában a növények szegények Co-ban és fordítva. Így pl. az USA keleti podzol talajain lép fel a Co-hiánybetegség az állatoknál, ahol erős a kilúgzás a savanyú gránit talajon. Némely növény a Co „hiperakkumulátora”, jól ellátott talajon akár 1000 ppm mennyiségben is tartalmazza. Mint a legtöbb fém, főleg a gyökérben halmozódik fel, de transzlokálódik a hajtásba is. A Co túltáplálás a Fe hiánytünethez hasonlóan jelentkezik a növényen és ténylegesen együttjárhat a Fe, Mn, Zn koncentrációjának csökkenésével a növényi szövetekben, kation antagonizmust jelezve.

Az említetteken túl az alábbi tényezők befolyásolhatják a talaj Co státusát:

1. Az anyakőzet Mg tartalma, valamint a Fe és Mn oxidkészlete növeli a Co készletét is.
2. Az elsavanyodás növeli a Co felvehetőségét.
3. A meszezés csökkentheti a felvételt.
4. A kilúgzás csökkenti a felvehető tartalmat (készletet).

Mivel a Co viszonylag nem mérgező az állatokra és emberre, ill. a növényeken is főként a hiánya állhat fenn, csak lokálisan, bizonyos ipari körzetekben jelenthet környezeti veszélyt, valamint az autópályák és az utak mentén.

#### 4.9. Szelén (Se)

Néhány vagy néhány tized ppm mennyiségben fordul elő a talajban. A különböző módon meghatározott „felvehető” Se tartalom inkább ppb mennyiségeket takar. Számos mikroorganizmus képes Se-vegyületeket metilálni és lehetővé tenni a Se gázalakban való eltávozását a talajból, ill. a Se-tartalmú vegyületekből.

Az USA Nagy Síkságán már a 30-as években felfedezték, hogy a növények Se tartalma mérgező az állatokra. Tulajdonképpen a Se volt az első elem, amely mérgező mennyiségben fordult elő a természetes vegetációban. A Se hiánya szintén állati betegségeket okoz, az ún. fehérizom betegséget. Az optimum tartomány meglehetősen szűk, 0.03-0.10 ppm közötti az állati táplálékban. A Se ugyanakkor nem esszenciális növényi tápelem, bár vannak Se-kedvelő indikátor fajok.

A Se felvehetősége homokokon kifejezettebb, mint agyagos talajon. A talaj szervesanyag-tartalma, az agyag tartalmához hasonlóan növeli a Se készletet a talajban és egyidejűleg csökkenti a felvehetőségét. A S és P kémiai rokonsága a Se-nel indokolja az antagonizmust ezen elemek felvételében. A talajban szintén felléphet ez a jelenség, pl. a szulfátok növelhetik a Se kilúgzást, illetve a  $\text{BaSeO}_4$  oldhatóságát. A  $\text{SeO}_3^{2-}$ ,  $\text{SeO}_4^{2-}$  anionok a foszfát és  $\text{SO}_4^{2-}$  anionok mintájára viselkednek a talajban, anioncserének alávetve.

A Se-tartalom általában csökken a növényi szövetekben a korrallal. Érdekes, hogy az eddigi vizsgálatok szerint a fajok közötti eltérések szűk határokon belül maradnak, Se-ben szegény talajon 10-20 ppb között. Vannak azonban természetből fogva Se-gazdag talajok, gyakran a meszes víznyomásos és magas humusztartalmúak, valamint a szennyvíziszapokkal vagy egyéb antropogén módon szennyezettek, ahol a legelő állatok mérgezést szenvedhetnek.

#### 4.10. Vanádium (V)

A természetben vanadátok formájában és különböző szerves komplexekben fordul elő. Képes a vasat helyettesíteni, együtt is fordul elő a talajban, általában egyenletesen az egész talajprofilban. Nem tekintik nélkülözhetetlen növényi tápelemnek, bár kedvező hatása időnként megmutatkozhat.

A növényekben 1-2, a talajokban 10-100 ppm mennyiségben gyakori. Ha a talajban több a V, úgy várhatóan több lesz a növényben is. A gyökerekben jobban felhalmozódik mint a hajtásban. A V-mérgezés szabadföldi viszonyok között szinte ismeretlen, de tápoldatban már 0.5 ppm felett látható. Többen hangsúlyozzák, hogy a V a Cd-mal együtt az erős növényi mérgek közé tartozik tápoldatos körülmények között.

A V felhalmozódhat az atmoszférában, környezetben, a fosszilis tüzelőanyagok égéstermékeként. Mivel szántóföldön az állati takarmányok a 25 ppm V határértéket nem lépik túl gyakorlatilag, szennyeződés főképpen a légkörből származhat. Sajnos a V forgalmáról, kémiájáról adataink szegényesek.

Előfordulhat kation ( $\text{VO}^{2+}$ ) és anion ( $\text{VO}_4^{3-}$ ,  $\text{VO}_3^-$ ) formában is a talajban. Bizonyos utalások szerint az anion forma mérgezőbb és mozgékonyabb. Podzolokon kilúgzás is megfigyelhető a feltalajból. A V helyettesítheti a Mo-t a növényben, a rhizóbiumok N-kötését katalizálva. Savanyú talajon a kationok felvétele meggyorsul, míg az anion formák a semleges és lúgos talajon dominálnak.

#### 4.11. Egyéb elemek: Antimon (Sb), Bizmus (Bi), Stroncium (Sr), Tellur (Te)

##### *Antimon (Sb)*

Ritkán előforduló elemek közé tartozik, geokémiailag az As és részben a Bi elemekkel mutat hasonlóságot. A talajban általában néhány, vagy néhány tized ppm mennyiségben mutatták ki. Ipari körzetek és városok környékén feldúsulhat. A növény számára nem nélkülözhetetlen elem, de könnyen felhalmozódhat a növényi szövetekben, ha felvehető formában feldúsul a talajban. Ezért a néhány ppb mennyiségtől a többszáz ppb mennyiségig kimutatható a növényben.

#### *Bizmut (Bi)*

Általában tized ppm mennyiségben található a kőzetekben, de a kőszénben koncentrációja 5 ppm körüli, egy nagyságrenddel nagyobb lehet. Kevés adatot találunk a növénybeni tartalomra vonatkozóan. Általában a század ppm és a néhány ppm koncentráció tartományt jelöli az irodalom a növényi szövetekben.

#### *Tellúr (Te)*

A Se és As elemekkel rokon természetű, a mikrobiológiai átalakulásoknak is alávetve. A szerves anyagokban dúsul fel, de ott is csak ritkán érve el a ppm mennyiségeket. Kevés kísérleti adatot közöltek a növényi felvételéről. Az eddigi eredmények szerint koncentrációja a tized ppm mennyiségtől a száz ppm mennyiségig változhat.

#### *Stroncium (Sr)*

Gyakori elem a bioszférában, a Ca-mal rokon elem, ill. a Ca/Sr aránya viszonylag állandó a kőzetekben. A Sr a Ca-hoz hasonlóan beépül a szerves vegyületekbe. Talajokban szintén a Ca dinamikáját követheti, felhalmozódhat a csernozjomban és elszegényedhet a kilúgzott podzol szántott rétegében. A néhánytól a néhány ezer ppm tartományig mutatták ki a talajban. A radioaktív Sr izotóp változata okoz környezeti veszélyt. A növényben tartalma igen tág határok között, 1 - 10 000 ppm tartományban változhat. A Sr felvételét részben a tömegáramlás, részben az ioncserés diffúzió határozza meg, döntő lehet pl. a tápközeg Ca/Sr aránya. A meszesítés hatása többirányú lehet, a talajtól és a növényi tényezőktől függően. A P is hatással lehet a felvételre. Összefoglalóan megállapítható, hogy bár a Sr könnyen feldúsulhat a növényben, a Ca, Mg, K, Na, esetleg P trágyázással könnyen meg is akadályozható a túlzott felvehetősége.

### *5. A talajok ásványi összetételének változása műtrágyázással*

#### *5.1. Meszes vályog csernozjom*

Szabadföldi kísérletünket 1973 őszén állítottuk be egy löszön képződött mészlepedékes csernozjom talajon, az MTA TAKI Nagyhorcsöki Kísérleti Telepén. A szántott réteg  $\text{CaCO}_3$  tartalma 5 %, a humusz 3 %. A talajvizsgálatok szerint a feltalaj felvehető tápelem tartalma gyenge foszfor és cink, közepes nitrogén és kálium, kielégítő magnézium és réz, valamint igen jó mangán ellátottságot mutatott a hazai szaktanácsadásban használatos módszerekkel (Kádár 1980).

Amint a 10. táblázatból látható, a 15 év alatt összesen mintegy 13.5 t/ha műtrágya hatóanyagot használtunk fel a legintenzívebben trágyázott parcellákon. Az összesen felhasznált műtrágyák (sóterhelés) mennyisége kereken 16-47 t/ha között változott. A trágyázás eredményeképpen kialakultak a gyenge, közepes, kielégítő és magas v. káros NPK szintek, melyek az üzemek gyakorlatában is előfordulnak vagy előfordulhatnak a jövőben. Mivel mindhárom fő tápelem 4-4 ellátottsági szintje mellett azok minden lehetséges kombinációja is szerepel a kísérletben  $4 \times 4 \times 4 = 64$  kezelésben, lehetőségünk nyílt a megfelelő műtrágyázási (tápláltsági) szituációk, variánsok kiválasztására.

A 11. és 12. táblázatban már az összevont N, P, K, NPK trágyázás, valamint a kontroll eredményeket mutatjuk be. Az adatokból megállapítható, hogy a cc.  $\text{HNO}_3$  feltárással

meghatározott „összes”, tehát nemcsak a felvehető elemek mennyisége eltérő volt. Az Al, Ca, Fe %-os; a Mg, P, K tized %-os; a Mn, Si, Na 726-107 ppm közötti; a Ba, Ti, Zn, Sr, Ni csökkenő sorban 78-28 ppm közötti; a Cr, V, Cu, Ga, Pb, Li, Co 20-10 ppm közötti, míg a Cd ppm alatti vagy körüli koncentrációkban mutatható ki. A 27 vizsgált elemből 4, úgymint az As, B, Mo, Se a kimutathatósági határ alatt volt.

A genetikailag viszonylag homogénabb csernozjomon a tartós, nagyadagú műtrágyázás hatása több elem esetében jelentős. A P-trágyázás nyomán a P-kezelésben nőtt a szántott réteg összes P-készlete, valamint a K-trágyázás nyomán a K-készlete. A műtrágyákban szennyeződésként jelen levő egyéb elemek, nehézfémek akkumulációját e módszerrel természetesen nem lehet nyomon követni. A szántott réteg tömege 3-4 millió kg/ha. A mintavétel és az analízis hibája a legprecízebb eljárás esetén is, becslésünk szerint, 1000 kg/ha körüli érték lehet, tehát a néhány vagy néhány 10 kg/ha nehézfém terhelés e módszerrel nem mutatható ki. Nem is ez volt a fő célunk, hanem a két kísérleti telep eltérő talajtípusának összevetése, elemkészletének nagyságrendi becslése. Ez az információ is csak tájékoztató jellegű lehet.

Amennyiben az ún. „könnyen oldható” elemtartalmakat vizsgáljuk, az eddigi tapasztalatok szerint hagyományos elemek analízisekor szabadföldön, precíz kísérletekben (homogén talaj, több ismétlés, szigorú mintavételi és analitikai eljárás) a 30-100 kg/ha körüli mennyiségek már statisztikailag is igazolhatóan kimutathatók, ha az adott trágya tápeleme oldható formákban marad a talajban. Az „oldható” forma alatt az adott talajvizsgálati módszerrel oldható értendő természetesen. Bizonyos nehézfémek akkumulációját tehát célszerű lehet a jövőben ilyen módon nyomon kísérni.

Amint a 11. és 12. táblázatból látható, az egyes elemek meghatározását eltérő hiba terheli. Bár a mintavételi és az analitikai hiba nem különíthető el, feltehetően inkább az analitikai hiba okozta szórásokat jellemzik a CV %-ok. A meghatározás legbizonytalanabb a Na esetén 48 % CV értékkel, majd ezt követi a Sr, Ca, Hg. A Co, Li, V, melyek CV %-ai ugyanakkor mindössze 5 körüliek.

## 5.2. Savanyú homoktalaj

Szabadföldi tartamkísérletünket 1963 őszén állította be Láng István a Nyírlugosi Állami Gazdaság területén. A vetésváltás rozs-burgonya (2x5 év), búza-burgonya (2x4 év), majd búza-csillagfürt volt az első 20 év alatt. Ezt követően, 1983 óta a növényi sorrend az alábbi volt: napraforgó (2 év), gyp (2 év), tavaszi árpa, dohány, búza (2 év).

A műtrágyázási kezelések száma 32, az ismétlések száma 4, az összes parcellák száma 128. A parcellák mérete  $5 \times 10 = 50 \text{ m}^2$ , a kísérlet elrendezése véletlen blokk. A műtrágyázás az alábbi átlagos adagokkal történik 1975 óta (Kádár és Vass 1988):

N	120 kg/ha 28 %-os kalcium-ammóniumnitrát formájában
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	120 kg/ha 18 %-os szuperfoszfát formájában
K <sub>2</sub> O	120 kg/ha 40-60 %-os kálisó formájában
Ca	200 kg/ha 40 %-os mészkőpor formájában
Mg	60 kg/ha 5-6 %-os dolomitpor formájában

Az ezt megelőző első 12 évben Ca és Mg trágyázás nem volt, valamint az N, P, K átlagos adagok is mérsékeltebbek, 40-50 %-kal alacsonyabban voltak megállapítva.

A talaj típusa: kovárványos barna erdőtalaj, savanyú homok. A finom homokfrakció (0.1-0.2 mm) dominál, mely még a 40-45 cm mélységben is általában 70-80 % körüli. A kovárványos csíkok kedvezően befolyásolják a talajszelvény vízgazdálkodását. Részletes parcellánkénti mintavételre az egész kísérletben 1983-ban került sor. A főbb talajvizsgálati eredményeket az alábbiakban mutatjuk be. Adataink a talaj felső szántott rétegére vonatkoznak:

Kezelés	pH(KCl)	Humusz %	AL-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ppm	AL-K <sub>2</sub> O ppm	EDTA-Mn ppm
Kontroll	4.6	0.52	66	70	56
N	3.9	0.40	78	100	97
NP	3.9	0.51	140	110	74
NK	3.8	0.50	80	130	71
NPKCa	4.8	0.50	160	150	53
NPKCaMg	5.9	0.50	170	132	68
SzD <sub>5%</sub>	0.8	0.15	35	32	28

Amint az adatokból látható, a kontroll talaj 4.6 pH(KCl) értéke műtrágyázás hatására tovább süllyedt, míg a meszezés és a Mg trágyázás a talajok elsavanyodását többé-kevésbé ellensúlyozta. Az együttes Ca+Mg trágyázás eredményeképpen a pH 5.5-6.0 értékre emelkedett. A vizsgált, humuszban szegény savanyú homoktalaj humusztartalma megbízhatóan nem változott meszezéssel vagy műtrágyázással.

Az AL-oldható, könnyen felvehető foszfor és kálium tartalom ugyanakkor átlagosan megduplázódott a PK műtrágyázás nyomán, és az eredetileg minden makrotápelemmel „gyengén” ellátottnak minősülő talaj a „megfelelő” ellátottsági kategóriába jutott. Az EDTA-oldható Mn tartalom az egyoldalúan nitrogénnel trágyázott és erősebben elsavanyodott parcellákon bizonyíthatóan emelkedett.

A cc.HNO<sub>3</sub>+cc.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> feltárással meghatározott elemek mennyiségeit a 11. és 12. táblázatban mutatjuk be, kezelésenkénti átlagok alapján. Mivel e homoktalajok genetikailag is nagyon heterogének, csak akkor tekintjük az SzD<sub>5%</sub> értékeit egyértelműen bizonyító erejűnek, ha a változások okaira a trendek is egyértelműen utalnak. Így pl. megállapítható, hogy a Ca és Mg tartalom növekedése a meszezés, a K tartalom emelkedése a K-műtrágyázás, valamint a P-ellátottság javulása a P-műtrágyázás hatására egyértelmű. Egyéb elemek, nehézfémek koncentrációja bizonyíthatóan nem változott a kezelésektől függően.

Ezen a sovány savanyú homoktalajon általában kevesebb a vizsgált elemek abszolút mennyisége a meszes vályog csernozjomhoz viszonyítva. Így pl. a csernozjomon mért tápelemkészletet a homokkal összevetve az alábbi különbségek adódtak: A Ca 60; a Mg 13; a Sr és a Li 7; az Al, Fe, Ba, Co, Cr, Cu, K, Mn, Ni, P, V 3-5-szörös a vályogban. Viszonylag kicsi az eltérés, mindössze 20-40 % a csernozjom javára a következő elemekben: Cd, Na, Pb, Si, Ti. Egyetlen vizsgált elemnél, a Zn átlagos koncentrációiban vezet a nyírségi homoktalaj mintegy 20-30 %-kal.

A hazai talajok szántott rétegének átlagos nehézfém-tartalmára tájékoztató jelleggel Boldis Ottó (akkori MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai Központ osztályvezetője) közölt adatokat. Ezek az eredmények nehezen vethetők össze saját vizsgálatainkkal, mert másutt és más módszerekkel végezték az előkészítést és analízisét a mintáknak, más készüléken, nem mindig ugyanazon elemeket vizsgálták stb. Mivel azonban nagyszámú analízist takarnak, iránymutatóul szolgálhatnak. Az irodalmi előfordulási tartományokat is feltüntettük a 13. táblázatban, hogy a hazai talajok nehézfém készletét jobban megítélhessük.

---

A 13. táblázat adataiból az alábbiak állapíthatók meg:

- Cd:** Készlete általában a kötöttebb réti talajokon a legnagyobb és a homoktalajokon a legkisebb. Előfordulása a néhány tized ppm értéktől a néhány század értékig gyakori, *normálisnak* minősíthető.
- Pb:** Szintén, a Cd-hoz hasonlóan a réti talajok gazdagok és a homokok szegények az ólomkészletet tekintve. Mennyisége 1-2 nagyságrenddel nagyobb, mint a Cd-é. Előfordulása *normálisnak* minősíthető.
- Ni:** Szintén a réti talajok a gazdagabbak és a homokok szegények. Abszolút mennyiségét tekintve közelálló az ólomhoz, néhány ppm. Előfordulása alapján hazai talajaink *normálisnak* minősíthetők.
- Hg:** Hasonlóképpen a réti talajok készlete nagyobb és a homokoké kisebb. Előfordulása néhány tized ppm tartományban *normálisnak* tekinthető.
- Se:** Leggazdagabbak a mélyben sós réti csernozjomok, legszegényebbek ezen elemben az agyagbemosódásos barna erdőtalajok. Az általában tized ppm koncentrációkat *normálisnak* minősíthetjük.
- Mo:** Eloszlása az előbb taglalt szelénhez hasonló, nagyobb készlettel a sós réti csernozjom, legkisebb készlettel a barna erdőtalaj rendelkezik. A század és tized ppm mennyiségek inkább *alacsony* minősíthetők.
- Cu:** Réti talaj a leggazdagabbnak, míg a szikes és sós réti csernozjom a legszegényebbnak mutatkozott. A néhány ppm értékek általában *normális* készletről tanúskodnak.
- Cr:** Az eredmények értékelhetetlenek, irreálisan alacsonyak. Feltehetően mérés technikai okokból. A 12. táblázatban bemutatott saját méréseink alapján a vizsgált vályog csernozjom 20, míg a homok 4 ppm értéket mutatott. Ezek az adatok *normális* készletről tanúskodnak.
- Co:** A réti és öntés réti talajok magasabb készletével szemben a homokok a legszegényebbek. A néhány ppm koncentráció *normálisnak* tekinthető.
- B:** Szintén elsősorban a homokok, valamint a nem túl kötött barna erdőtalajok mutatják az alacsony készletet, míg a réti csernozjom és a sós réti csernozjom a gazdagabb. A néhány ppm koncentráció inkább *alacsony* minősíthető.
- Zn:** A homokok alacsony készletével szemben a réti csernozjom ugrik ki. A néhány ppm koncentrációkat határozottan *alacsonynak* minősíthetjük. (A Zn-hiány meglehetősen gyakori is hazánk földművelésében.)
- Fe, Mn, Al:** A mérési eredmények értékelhetetlenek, a Cr-hoz hasonlóan irreálisan alacsonyak.

A 11. és 13. táblázatok eredményeit összefoglalva arra a következtetésre juthatunk, hogy a homokok elemkészlete minden esetben alacsonyabb mint a csernozjom, ill. réti csernozjom talajoké.

A 14. táblázatban bemutatjuk a hazai talajaink átlagos Cd tartalmának és szórásának alakulását a 0-90 cm talajprofilban, Boldis Ottó adatai alapján. A táblázat eredményei arra utalnak, hogy a Cd a talaj felső, szántott rétegében akkumulálódik. Réti talajokban nemcsak az abszolút tartalom magasabb, hanem a koncentrációk szórása is. Ezeket az extrém adatokat rendszeres vizsgálatnak volna célszerű alávetni a jövőben.

Az eddigi szerény vizsgálatok eredményei tehát arra utalnak, hogy talajaink nem rendelkeznek a vizsgált nehézfémek esetében káros vagy toxikus készletekkel, származásukat, genetikájukat figyelembe véve. Az emberi tevékenység hatását azonban, szennyezőforrások közelében (szennyvíziszap kezelés, autópályák és városi körzetek, bányák és kohók, erőművek

mentén stb.) külön vizsgálatok tárgyává kell tenni. Fontos lehet lokálisan egy állandó mérő és megfigyelő hálózat (monitoring) működtetése is a nehézfémek talajbani akkumulációjának nyomon követésére.

## 6. Műtrágyák ásványi összetétele

### 6.1. Nitrogén műtrágyák

A műtrágyák ásványi összetételét a 16-17a. táblázatokban tanulmányozhatjuk. Megállapítható, hogy 26 elem meghatározására nyílt módunk és a Se kivételével minden vizsgált elem előfordul kimutatható mennyiségben valamely műtrágyában.

Kétségtelenül a N műtrágyák a "legtisztábbak", hiszen forrásul a levegő N-je szolgál kimeríthetetlen mennyiségben. A szennyeződés tehát a gyártás során lép fel és a technológiát tükrözi. Az 1982. évi pétisóban 0.24 % Sr volt kimutatható, jelentősebb P és Ca kíséretében. A Sr szennyeződés a foszfortartalmú meszezőanyag következményéből adódhat. A nitrogén műtrágyák tehát a N-forrásokon kívül (nitrát, ammónia, karbamid) elsősorban Ca, P és Sr források is lehetnek, legalábbis a hazai pétisók.

A 15. táblázat műtrágyavizsgálati adatai lényegében egyezést mutatnak a salétromsavas roncsoláson alapuló ICP analízis eredményeivel. A pétisó (mész-ammónium-nitrát) viszonylag itt is a legtisztább műtrágyának mutatkozott a nehézfémek előfordulását tekintve. A nitrogéneken kívül elsősorban Ca, kisebb mértékben P és K forrás. Ez a pétisó még száz ppm nagyságrendben tartalmazott Mg-ot, valamint néhány vagy néhány tized ppm mennyiségben Pb, Zn, Sr, Cu elemeket. Megállapítható ugyanakkor, hogy a Fe és Mn elemek mindhárom műtrágyaféleség esetén alig mutathatók ki. Csak a salétromsavas feltárás biztosíthatja tehát ezen elemek valószínűsége nyomon követését műtrágyáinkban.

### 6.2 Foszfor műtrágyák

A foszfor műtrágyák összetételét származásuk, ill. az előállításuk módja határozza meg. Így pl. a szuperfoszfátok és a Peretrix 10 % feletti Ca-ot, a nyersfoszfátok pedig 10 % feletti foszfort tartalmaznak. A nyersfoszfátok és az összetett műtrágyák egyaránt %-os mennyiségben mutatnak Ca-ot. Általában a foszfor műtrágyák tized %-os összetételben Al, Fe, K, Na, Si, Sr elemeket is hordoznak. Kiemelkedik a termofoszfát, mely %-os mennyiségben mutat Al, Fe, Mg, Na elemeket.

A toxikus nehézfémek szempontjából meg kell említeni a hazai szuperfoszfátok magas, 1 % körüli Sr tartalmát, mely az alapanyagul szolgáló nyersfoszfátok (gyakran Kólafoszfátok) magas Sr tartalmával magyarázható. Nem elhanyagolható az As tartalom sem.

Felmerül a kérdés és további vizsgálatokat igényel, hogyan került As a szuperfoszfátokba, az előállításuk mely szakaszában? A kiindulási anyagokban, nyersfoszfátokban ugyanis nem lehetett arzént kimutatni. A Cd az NDK Thomasphosphat-ban kiugróan magas, 102 ppm volt. A Kólafoszfátokat és az észak-afrikai lágy foszfátokat összevetve megállapítható, hogy a Kólafoszfátok általában egy nagyságrenddel több Ga, Mn, Sr, illetve egy nagyságrenddel kevesebb Cd, Cr, Ni, Zn elemet tartalmazhatnak, mint pl. az észak-afrikai hyperfoszfát. Mivel az elmúlt évtizedekben a Kólafoszfátok importja nem volt elhanyagolható szuperfoszfát gyártására, a Sr felhalmozódhat a talajokban. Célszerű lenne a jövőben megvizsgálni, hogy a szuperfoszfátokkal feltöltött talajokon hogyan alakul a talajok felvehető Sr tartalma, kimutatható-e ezen elem akkumulációja a szántott rétegben?

A Hg 20-67 ppm között ingadozik a legtöbb nyersfoszfát esetében. Ettől lényegesen eltérnek a szuperfoszfátok, amelyekben a Hg a kimutathatósági határ alatt van. Kiugróan magas, 316 ppm viszont az NDK Thomasphosphat Hg tartalma.

Az összetett műtrágyák közül a Peretrix műtrágyát már érintettük. A többi összetett műtrágyához viszonyítva megemlítendő viszonylag magas Ca és Sr tartalma; elenyésző Cd, Co, Cr szennyezettsége és a ki nem mutatható Hg tartalma. A holland, a norvég és az NSzK összetett műtrágyák közül magas Ca tartalmával kiemelkedik az NSzK 4197 számú, Sr tartalmával a két holland, Cd tartalmával pedig a két norvég műtrágya.

A 15. táblázat műtrágyavizsgálatai megerősítik a salétromsavas feltárás eredményeit. A szuperfoszfát elsősorban Ca és P forrás, koncentrációjuk %-ban fejezhető ki, méréshatár feletti. Tized %-os koncentrációt mutat a K és a Na, 10 és 100 ppm tartományban fordul elő a Mg és a Zn. A Fe és Mn, amint a nitrogén műtrágyáknál már jeleztük, alig mutatható ki vizes és citromsavas kioldással. Összefoglalóan itt is azt a megállapítást tehetjük, hogy a szuperfoszfát a legszennyezettebb nehézfémekkel és egyéb kísérő elemekkel a három műtrágyaféleség közül. Így pl. a Mo, Co, Cr, Hg, Ni, Li, Pb, Ti, Be koncentrációja egy-két nagyságrenddel is meghaladhatja a pétisó vagy a kálisó elemtartalmát.

### 6.3. Kálium műtrágyák

A kálium műtrágyák közül az 1974. évi 40 %-os és az 1988. évi 60 %-os kálisót mutatjuk be. Amint arra már utaltunk, e műtrágyafajták szennyezettsége a nitrogén és a foszfor műtrágyák közötti közbülső helyet jelentheti. A 40 %-os kálisóban 10 % feletti a Na; %-os a Ca; tized % körüli az Al, P, Fe tartalom. A 60 %-os kálisóban a legtöbb vizsgált elem mennyisége kisebb mint a 40 %-os kálisóban, gyakran egy egész nagyságrenddel. A toxikus nehézfémek általában csak nyomokban fordulnak elő (Sr, Cd, Cr), vagy ki sem mutathatók (As, Co, Cr, Hg, Pb, Mo).

A 15. táblázatban a vizes kioldás eredményei láthatók. Az ICP méréseket itt igyekezett a NAÁ labor alacsonyabb méréstartományban (ppb) is elvégezni. Látható, hogy a 40 %-os kálisó elsősorban K és Na forrás, de jelentős mértékben, %-os koncentrációkban Ca, Mg elemeket is tartalmazhat. A B, Zn tartalom néhány ppm volt. Összefoglalóan megállapítható, hogy eltekintve a Fe és Mn adatoktól, a vizsgált nehézfémek és egyéb kísérőelemek előfordulása a salétromsavas feltárásnál elmondottakat követte, azokkal kielégítően egyezett, azokat alátámasztotta.

Kétségtelen, hogy elsősorban a foszfortartalmú műtrágyák jelenthetnek veszélyt a toxikus anyagok és nehézfémek felhalmozódására azok tartós és nagyadagú használata során. Egyes esetekben a talajba kerülő nehézfémek abszolút mennyisége sem elhanyagolható. Így pl. 1-2 ezer kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha talajbani felhasználás esetén és 1-2 % Sr tartalmat feltételezve 10-40 kg Sr/ha mennyiség is felhalmozódhat a szántott rétegben. Jogos a kérdés, mi történik a talajba került nehézfémekkel, milyen feltételek mellett kerülhetnek káros mennyiségben a talaj-növény-állat táplálékláncon keresztül az emberi szervezetbe?

## 7. Szántóföldi növények elemösszetételének vizsgálata 1989-ben

### 7.1. Rozs és triticales elemeinek dinamikája a tenyészidő során

A növénymintákat szabadföldi műtrágyázási kísérletből vettük 1981-ben, melyet 1980 őszén állítottunk be Örbottyánban az MTA TAKI kísérleti telepén, gyengén humuszos meszes homoktalajon. A kísérletet 4 ismétlésben végeztük. A trágyázási kezelések száma 7, az összes parcellák száma tehát 28 volt. A növénymintavétel kb. 10 naponként történt, parcellánként 4-4 fm földfeletti anyag felhasználásával. A makroelemeket kénsavas-peroxidos roncsolásból a TAKI, a mikroelemeket sósavas hidrolizist követően a Hajdú-Bihar megyei NAÁ laborja mérte

meg. Az eredményeket a kísérlet átlagában közöljük. Így stabil, nagyszámú ismétlés alapján mutathatjuk be az egyes kevésbé ismert elemek szezondinamikáját.

A kezelések szerinti közléstől részben azért is eltekintettünk, mert érdemi kezeléshatások nem jelentkeztek még e fiatal kísérletben. Másrészt külön erre a célra alkalmasabb tartamkísérletekben vizsgáljuk majd a műtrágyázás ilyen irányú hatását. A 18. táblázatban a rozs, a 19. táblázatban a genetikailag vele rokon triticales összetételét tanulmányozhatjuk.

Az első oszlopban a március 31-i, bokrosodáskori földfeletti növényi rész abszolút elemtartalmait feltüntettük és 100-nak vettük. A változások áttekinthetőbb nyomon követése céljából a további időpontokban a viszonyszámokat mutatjuk be. Lássuk elsőként a rozsról vonatkozó megállapításokat, melyek a mikroelemeket illetik ezen a talajon.

1. Az elemkoncentrációk általában kora tavasszal, a bokrosodás stádiumában a legnagyobbak. Ez alól tulajdonképpen csak a B kivétel, amelynél a maximum 1 hónappal későbbre tolódott.
2. Június közepére, érés idejére az elemek különböző mértékben, de hígulnak a növényben. *Erős hígulás* (20 % alatti) az alábbi elemeket jellemezte, csökkenő hígulási sorrendben: Ti, As, Se, V, B, Fe, Be. *Közepes hígulás* (20-40 % közötti) állapítható meg a Hg, Bi, Sr, Te, Mn esetén. Viszonylag kevésbé hígul, 40 % felett marad a Sn, Zn, Cr, Cu. Legkevésbé a Ba hígult, 1/3-ával csökkent a tartalom éréskor.
3. A fogyasztásra kerülő szemben a mikroelemek közvetett vagy közvetlen élettani funkciójából eredően magasabb a koncentráció mint a szalmában: Zn, Cu, Sn, Te, As, Hg, Se. A talajba visszajutnak döntően az alábbi elemek, mivel elsősorban a szalma melléktermékben halmozódtak fel: Ba, Sr, Sn, Bi, Ti, Be, V, Cr, B.

A triticales hasonló törvényszerűségeket mutat. Eltérés az alábbiakban jelentkezik a rozshoz képest:

1. Az elemek koncentrációja a Cr kivételével alacsonyabb, mint a rozsa március 31-én.
2. A mikroelemek felénél a maximális koncentráció 10 nappal később, a bokrosodás végén jelentkezett, április 9-én. A növény kezdeti fejlődése lassúbb. Erre utal a B maximum eltolódása is.
3. Az egyes elemek hígulási rangsora nem követi szigorúan a rozs hígulási sorát, csak a fő tendencia azonos.
4. A szemben az alábbi mikroelemek akkumulálódtak: Zn, Cu, B, Sn, As, Se, Hg. A rozstól eltér tehát két elem, a B és a Te. A Te esetén azonban az eltérés lényegtelen, hibán belül lehet, mert ez az elem kb. hasonló koncentrációban fordul elő a szemben és a szalmában is.

Megemlítjük még, hogy a műtrágyázás hatása is azonosan jelentkezett. Így pl. az alábbi mikroelemek koncentrációjában lehetett statisztikailag is bizonyítható változásokat kimutatni:

Ba: A mintavételek felében a PK kezelésben nőtt, míg a N kezelésben csökkent a koncentráció.

Be: N hatására nőtt a tartalom a szemben és a szalmában, ill. a mintavételi időpontok többségében.

Bi: Változások nem egyértelműek a tenyészidő során, de igazolhatóak.

Sn: N hatására emelkedett a tenyészidő során, de a szalmában már nem.

Sr: NP növelte, míg a K csökkentette tartalmát a Ca-hoz hasonlóan.

## 7.2. A búza elemeinek dinamikája a tenyészidő során

A kísérletet 1981-ben állítottuk be az MTA TAKI nagyhorcsöki kísérleti telepén meszes vályog csernozjom talajon. A kezelések száma 7, az ismétlések száma 4, azaz az összes

parcella száma 28 volt. A növényi mintavételt az előbbi fejezetben ismertetett módon, a rozs és a triticales analógiájára, általában 10 naponként végeztük, parcellánként 4-4 fm földfeletti rész felhasználásával. A kísérlet talaja felvehető foszforral és cinkkel gyengén, míg K és N makroelemekkel, valamint esszenciális mikroelemekkel általában kielégítően ellátottnak volt minősíthető.

A növényminták analízise itt is kénsavas-peroxidos roncsolásból (makroelemek), valamint sósavas hidrolízist követően (mikroelemek) történt. Az eredményeket a kísérlet átlagában közöljük, 28 parcella átlagaiban és a nemzetközileg elfogadott Feekes skála szerint adjuk meg a fejlődési fázisokat a 20. táblázatban. A mérések pontosságának megítéléséhez, valamennyi időpontban és elemnél varianciaanalízist végeztünk és a hibaszórásokból számított variációs koefficienseket (CV %) a 21. táblázat tüntettük fel. Megállapításaink lényegét az alábbiakban foglaltuk össze:

1. A vizsgált nehézfémek koncentrációja általában a tenyészdő előrehaladásával, kifejezettebben a kalászás végéig csökkenő tendenciát mutatott. Maximum értékek a bokrosodáskor jelentkeztek, ez alól a Hg és Mo volt kivétel.
2. A hígulás mértékében rendkívül nagy különbségeket figyelhettünk meg az egyes elemek között. Legkevésbé a Mo hígul, az eredeti tartalom 80-90 %-ára. Ezt követi a Sr (50-60 %), majd a Pb (20 %-ra). A többi elemnél nagyságrenddel kisebb koncentrációkat találunk virágzáskor, éréskor a szemben és a szalmában, ill. a mérés határ alá esik a tartalom több esetben.
3. A mikroelemek többsége a szalmában akkumulálódott: Ni, Li, Sr, Ti, Be, Co. Kifejezetten eltért ettől a Mo, amelynek koncentrációja a szemben duplája volt a szalmáénak. A Cr, Cd, Pb tartalom azonos volt mind a fő-, mind a melléktermékben.

Már itt megjegyezzük, hogy bár nem mindig azonosak a vizsgált elemek a korábban tárgyalt rozs és triticalesal, szembentűnő, hogy a búza általában jóval magasabb koncentrációt mutat. Nem bírálható el azonban, hogy ez a növényfaj eltéréséből adódik, vagy az eltérő termőhelyből. Ezt a kérdést majd később kell megvizsgálnunk, ha több adatot gyűjtünk.

A 21. táblázat CV értékei arra utalnak, hogy a mérések meglehetősen nagy hibával terhelték és erősen szórnak. Az abszolút adatokat inkább csak tájékoztató értékeknek kell tekintenünk. Meglehetősen kevés tapasztalattal rendelkezünk még a ritka fémek meghatározásában, az ICP technikában. Az egyes elemek mérését számos tényező befolyásolhatja, melyeket ma még nem ismerünk. A trendeket, dinamikai változásokat, kölcsönhatásokat azonban feltehetően ezek a bizonytalanságok kevésbé érintik.

### 7.3. A szója ásványi összetétele

Szabadföldi kísérletünket 1973 őszén állítottuk be egy löszön képződött mészszelepedékes vályog csernozjom talajon az MTA TAKI nagyhorcsöki kísérleti telepén. A kísérletben 15 év alatt felhasznált műtrágyák mennyiségeit, tápanyagellátottságát és kezeléseit az előző 4.1. fejezetben, ill. a 10. táblázatban ismertettük.

A szójanövény fajtája "Imola" volt 1988-ban. A tenyészdő során mintavételre került sor a növények 20-30 cm magassága, virágzása és betakarítása idején. A maghozam 1-2 t/ha között ingadozott a kezelésektől függően. Nem voltak statisztikailag igazolhatóak sem a N, sem a K szintek hatásai ezen a humuszos vályog talajon. Ebben a száraz évben kapott kicsi termések N és K igényét még a 15 éve nem trágyázott parcellák talajai is ki tudták elégíteni. Sőt a foszforral jól vagy igen jól ellátott parcellákon a magtermés igazolhatóan, 1/3-ával csökkent.

A mintavételek során 20-20 növényt vettünk a kijelölt parcellák (13 kezelés) nettó területéről, 2-2 ismétlésben. A tartamkísérleti jelleg, a homogén talaj és a kiegyenlített növényállomány lehetővé teszi az érdemi változások regisztrálását. Az analízisek eredményeit a 22-24. táblázatokban foglaltuk össze. A táblázatokban a trágyázatlan kontroll, a N, P, K, NPK kezeléscsoportokat közöljük, tehát csak az 5 kezelés eredményét összevontan, hogy megbízhatóbb információkhoz jussunk. Főbb megállapításaink:

1. Az elemek koncentrációja általában itt is a fejlődés korai szakaszában a legmagasabb, később a hígulás általános. A júniusi korai és a júliusi virágzás előtti adatokat összevetve konstatálható az alábbi elemeknél a jelentős, 20-50 %-ot elérő vagy meghaladó koncentrációcsökkenés: Al, Ba, K, P, Li, Co, Fe, Mn, Ti. Nem csökkent lényegében a B, Mg, Na, Ni, Si, Sr, Zn, Cu, Cd.
2. A szemben az alábbi elemek dúsultak fel: K, P, Mo, Ni, Zn, Cu, amelyek alapvetően (a Ni kivételével) esszenciálisnak minősülnek. Megnyugtató, hogy az egyéb elemek és nehézfémek jó része a szalmában marad és visszakerül a talajba. Különösen igaz ez az alábbi elemekre: Al, Ba, Ca, Li, Fe, Cr, Si, Sr, Ti, V, Cd.
3. A műtrágyázás hatására az egyes elemek koncentrációiban az alábbi igazolható változások következtek be egy-egy mintavétel idején: N-hatására általában nőtt: Al, Mn,; P-hatására általában nőtt: Al, B, Ca, P, Sr tartalom és csökkent a Zn. K-hatására általában nőtt: Ba, K tartalom és csökkent a Mg.

A 25. táblázatban áttekintést adunk a szója elemzéséről, a kísérlet átlagában és a koncentrációk növekvő sorrendjében mutatva be az egyes elemek előfordulását a tenyésztési folyamán. Megállapítható, hogy a vizsgált egyszikűekkel (rozs, triticale, búza) szemben a kétszikű pillangós szója kitűnik jóval magasabb elem, és főként mikroelem, nehézfém tartalmával. A statisztikai értékelést segítő CV %-ok itt is arra utalnak, hogy az ICP mérések meglehetősen szórnak, melyeket a mintavétel hibája és a kezeléskülönbségek is terhelhetnek.

#### 7.4. A dohány ásványi összetétele

A szabadföldi kísérlet 1963 ősze óta folyik a Nyírségben, a Nyírlugosi Állami Gazdaság területén, savanyú homok barna erdőtalajon. A 4.2. fejezetben részletesen ismertettük a trágyázási kezeléseket, vetésforgót és a talajvizsgálati eredményeket. A továbbiakban a növénymintavétel körülményeit, hozamokat, valamint a növényi elemtartalom vizsgálatait mutatjuk be.

A dohány fajtája a "Hevesi-11" volt. Az ültetés 100x40 cm sor x tőtávolságra történt. A növénymintavétel céljaira 10-10 növényt választottunk véletlenszerűen a parcellák nettó területéről, melyekről letörtük külön az alj- és a csúcsleveleket virágzás kezdetén, ill. szeptember 10-én a levél és szár átlagminták képzéséhez. A termésbecslés alapjául szintén a virágzaskori mintavétel szolgált VIII. 11-én, 10-10 átlagos növény alapján. Utolsó törés idején, X. 14-én a lomb és a kóró aránya 60:40 körüli volt.

Amint a 26. táblázat adataiból kitűnik, legkisebb hozamot az egyoldalú N kezelés adta, ezt követte az NK, majd a 26 éve egyáltalán nem trágyázott parcellák hozama. Az NPKCa, ill. NPKCaMg teljes trágyázás (műtrágyázás + meszezés) hatására statisztikailag igazolhatóan több mint duplájára nőtt mind a levél, mind a kóró tömege. Az alj, a derék, a csúcslevelek, valamint a kóró friss és légszáraz súlya g/10 növényre számolva áttekintést nyújthat a trágyahatásokról és az abszolút biomassza mennyiségéről, a fő- és melléktermékek arányáról.

A növényanalízis eredményeit részletesen kezelésként a 27-29. táblázatokban tanulmányozhatjuk. Megjegyezzük, hogy bár a homoktalajok eredendően genetikailag

rendkívül heterogének, a műtrágyázás és a meszezés hatása nyomon követhető. Annak ellenére, hogy a növényállomány parcellán belüli heterogenitása sem elhanyagolható, a mintavételi hiba jelentős lehet. Ehhez járulhat még a minták előkészítése és magának az analízisnek a hibája. Az  $SzD_{5\%}$  értékeket (melyek végül is csak a változást, a kezeléshatást valamilyen szinten valószínűsítik) csak akkor tekintjük perdöntőnek, ha a különbségek trendjelleggel több mintavétel esetén is rendre megnyilvánulnak. Tehát a véletlen jelenségek valószínűsége csekély lehet.

A 27-29. táblázat eredményei alátámasztják, hogy az egyoldalú műtrágyázásban részesült és nem meszezett, erősen savanyú parcellákon alacsony pH értéken magas általában a növények Al, Mn, Co, Fe, Ni, Cr, Ti és részben Cd tartalma. Ugyanakkor a meszezett és kiegyensúlyozottan táplált NPKCa + NPKCaMg kezeléseknél magasabb pH értéken ezen elemek koncentrációja alacsony maradt, míg a Ca, P, K elemeké emelkedett. Az irodalmi utalásokkal összhangban tehát a savanyú homoktalajokon megnőhet a nehézfémek felvétele (különösen az egyoldalú N trágyázással), és a meszezés hatékony eszköz lehet a felvétel gátlásában.

A 30. táblázatban áttekintést kívántunk adni a dohány tápelemtartalmáról, közölve az átlagos elemtartalmakat növekvő sorrendben és a hozzájuk tartozó CV %-okat is. A vizsgált 27 elemből egyáltalán nem volt kimutatható az As, Ga, Hg, Mo, Se. A V tized ppm, míg a K néhány %-os koncentrációban fordult elő. A két kimutatott elem között tehát öt nagyságrendbeli, azaz 100 000-szeres volt a különbség a koncentrációkat tekintve. A többi elem közbülső helyet foglalt el. Az egyes elemeket röviden jellemezzük.

V	csak a virágzás kezdetén mutatható ki a fiatal levelekben
Pb	csak az elöregedett levelekben mutat mérhető koncentrációt
Cd	mennyisége egyenletesen emelkedett a növény korával, ill. a mintavétel idejével A szár kevéssé akkumulálta
Co	a szár kevéssé akkumulálja, a korról enyhén nő
Ti	a tenyészidő végére 1/4-1/6-ára süllyed koncentrációja
Ni	viszonylag stabil a tartalom, a szárból kevesebb
Li	öregedő levelekbe felhalmozódik, szárból nem
Cr	öregedő levelekből eltávozik, szárból mérsékelt
Cu	egyenletesen fordul elő, enyhén hígul a korról
Ba	öregedő levelekben felhalmozódik, szárból mérsékelt
B	levelekben viszonylag stabil a koncentráció, szárból mérsékelt
Si	egyenletesen fordul elő a növényben, korról nem változik
Zn	öregedő levelekben felhalmozódott, szárból kevés
Na	egyenletesen oszlik meg, enyhén emelkedő
Sr	öregedő levelekben felhalmozódik, szárból kevesebb. A dohány levelei többszörös koncentrációban tartalmazzák, mint pl. a korábban vizsgált szója vegetatív részek
Al	korról csökken mennyisége, szárból mérsékelt
Fe	korról 1/3-ára csökken, szárból mérsékelt
Mn	öregedő levelekben növekszik, de a szárból minimális
P	mennyisége ingadozik, szárból kevésbé akkumulálódik
Mg	ingadozik koncentrációja, szárból is jelentős
Ca	levélben a korról emelkedik, szárból mérsékelt
K	viszonylagosan stabil koncentráció a vegetatív részekben

A klasszikus agrokémiában a Ca közismerten az "előregedés" eleme, mert nem vándorol át az újonnan képződött növényi részekbe (nem reutilizál). Amint az elemzések mutatták számos elem viselkedik élettanilag analóg módon, bár eltérő intenzitással. Az előregedés elemeinek bizonyultak a dohány leveleiben a Ca, Mn, Sr, Zn, Ba, Cr, Li, Cd, Pb, tehát a

nehézfémek jó része. Néhány elem koncentrációja ugyanakkor határozottan csökkent a korrallal, hígulási effektus érvényesült: Fe, Al, Cr, Ti, V.

Mivel a dohánylevelek szedése folyamatos, ill. a virágzás kezdetétől a tenyészidő végéig elhúzódhat, változhat a levelek elemösszetétele és így a minősége, nehézfémekkel való szennyezettsége. A szedési idő megválasztásával az elemek abszolút tartalma és egymáshoz viszonyított aránya jelentősen, esetleg többszáz százalékkal módosítható. További vizsgálatokat igényelne annak eldöntése, hogy a hazai termesztési gyakorlatban miként vegyük figyelembe ezeket a felismeréseket. Esetleg célszerű volna limiteket, határértékeket megállapítani a dohányok megengedhető nehézfém-tartalmát illetően és a szaktanácsadás, ill. a termesztéstechnológia során folyamatosan ellenőrizni azokat.

Az első évi kutatások eredményeit az alábbiakban foglaltuk össze:

1. Tartós műtrágyázás hatása (a szántott réteg "összes" tápelemkészletét elemezve cc. HNO<sub>3</sub> feltárással) csak az adott fő tápelem mint pl. N, P, K növekvő készletében követhető nyomon, amennyiben legalább ezer vagy több ezer kg/ha hatóanyag felhasználás történt. Megállapítottuk, hogy a kolloidokban gazdag vályog csernozjom elemkészlete általában jelentősen, esetleg többszörösen meghaladhatja a homoktalaj elem-tartalmát.
2. Az irodalmi utalásokkal összhangban azt találtuk, hogy elsősorban a foszfor műtrágyák tartalmazhatnak jelentős mennyiségben toxikus nehézfémeket, melyek felhalmozódhatnak a talajban és a táplálékláncban. Leginkább "tisztának" a nitrogén műtrágyáink tekinthetők, míg a kálium műtrágyák átmeneti helyet foglalnak el a foszfor és a nitrogén között.  
Mivel egyes nehézfémek mennyisége a több tíz kg-ot is elérheti (pl. Sr) tartós műtrágyázás nyomán, célszerű lesz a jövőben a "felvehető" tartalmukat nyomon követni a talajban:
  - a növényi felvétel szempontjából ez a fontos, nem az "összes" készlet
  - már néhány 10 kg körüli feldúsulás könnyen oldható formában kimutatható lehet megfelelő mintavételi technika (ismétlés, átlagminta-képzés) esetén.
3. A rozs és a triticale ásványi összetétele közelállónak mutatkozott. Ebben a genetikai rokonságon túlmenően az azonos termőhely (Őrbottyán, Duna-Tisza közti meszes homok) is meghatározó lehetett. A legtöbb vizsgált elem koncentrációja határozottan csökkent a föld feletti növényi részben a tenyészidő folyamán.
4. Ez az általános (hígulási) törvényszerűség megmutatkozott a Fejér megyei meszes vályog csernozjomon, Nagyhörcsökön termelt őszi búzában is. A maximális elemkoncentrációkat a vegetáció elején, bokrosodás végén-szárbaindulás elején mértük. Az egyes elemek meghatározásának pontossága általában a koncentráció növekedésével együtt emelkedett. Erre utaltak a CV %-ok.
5. A kétszikű szója meszes csernozjomon jóval gazdagabb volt elemekben és nehézfémekben, mint az egyszikű gabonák. Az emberi fogyasztásra kerülő szemben halmozódott fel a Mo, Co, Cr, Ni, Cu, Zn, B, P, K nagyobb része. Az ICP vizsgálatok során a kimutathatósági határ alatt volt az As, Ga, Hg, Pb, Se.
6. Nyírségi savanyú homokon a dohány leveleiben jelentős mennyiségű nehézfém tudunk kimutatni. Mivel emberi "fogyasztásra" a dohány levele kerül, igen kedvezőtlen, hogy
  - a levelek akkumulálják a káros nehézfémeket, gyakran többszörös koncentrációban mint a gabonák vagy a szója levelei, lombja.
  - az előregedő levelekben nőhet a Cd, Pb, Co, Li, Ba, Zn, Sr mikroelemek mennyisége.

További kutatásoknak kell majd tisztázni a termesztéstechnológia (törési idő, dohányipari feldolgozás stb.) és a nehézfém terhelés összefüggéseit. Feltétlenül limiteket, levélanalitikai határértékeket kell kidolgozni a minősítéshez, esetleg a forgalmazást is korlátozva, a termék toxikus nehézfém összetétele alapján. Az általunk áttanulmányozott irodalomban nem találtunk adatokat, vizsgálati eredményeket a dohánylevél nehézfém-

akkumulációját illetően. A dohányiparnak, talán érthető módon, nem érdeke hasonló adatok publikálása. Ha saját vizsgálataink megerősítést nyernek, mint külső független kutatóhely kezdeményezhetünk ilyen irányú tisztázó-feltáró kutatásokat a jövőben.

Már az első évi eredményekre támaszkodva megkíséreltünk *javaslatokat* kidolgozni a jövőbeni teendőket illetően:

1. Általában a mikroelemek, köztük az eddig kevésbé vizsgált toxikus nehézfémek többségének felvétele is jelentősen csökkenthető meszezéssel. Tehát egy ismert és egyszerű eljárással, mely savanyú homoktalajokon gazdaságos beavatkozásnak minősül és a talajtermékenység megőrzését szolgálja.
  2. A kutatásnak fel kell tárnia azokat a tényezőket, amelyek a nehézfémek felvételét befolyásolják. ehhez tovább kell vizsgálni a főbb hazai növényfajokat, talajokat, trágyaszereket (szerves és műtrágyákat, szennyvíziszapokat stb.).
  3. Nem annyira a talajok, a trágyák abszolút nehézfém-tartalma lehet fontos a növényi felvétel során, hanem pl. a műtrágyák közvetett hatásai a talajtulajdonságokon és a felvétel mechanizmusain keresztül: a talaj elsavanyodása műtrágyázás hatására, a talaj NPK ellátottságának megváltozása és annak hatása más elemek felvételére, elemek közötti antagonizmusok és szinergizmusok stb.
  4. Ahhoz, hogy a műtrágyázás és a meszezés kölcsönhatását egzakt módon számszerűen megállapíthassuk a nehézfémek felvételére, egzakt modellkísérletekre van szükség. Ezért egy átfogó 4 tényezős tenyészedeny kísérletben kívántuk tisztázni az elemek közötti kölcsönhatásokat.
- 8. A meszezés és műtrágyázás kölcsönhatásának vizsgálata tenyészedeny kísérletekben, savanyú erdőtalajon*

Kísérleteinket 1979-ben állítottuk be egy agyagbemosódásos barna erdőtalaj szántott rétegéből származó talajjal (Ragály). A kiindulási vályog talaj mintegy 1.5 % humuszt tartalmazott, pH(KCl) értéke 4 alatti volt. A MÉM NAK által elfogadott módszerek és határértékek alapján a talaj nitrogénnel, foszforral és káliummal egyaránt gyengén ellátottnak minősült. A Mn, Zn, Cu ellátottság ugyanakkor kielégítő volt. (Kádár et al. 1978).

A kísérlet  $2 \times 4^3$  típusú, ahol a három fő tápelem (NPK) 4-4 ellátottsági szintje és minden kezeléskombinációja szerepel  $4 \times 4 \times 4 = 64$  kezeléssel, meszezett és meszezetlen alapon, tehát 128 edényben. A növénykísérletet megismételtük. Jelzőnövényül az MV-SC 580 fajtájú kukorica szolgált, melyet kb. 5-6 leveles korig, 30-40 cm magasságig neveltünk. Edényenként 1.8 kg talajban 5-5 növényt hagytunk meg. Meghatároztuk a föld feletti hajtás súlyát, valamint makro- és mikroelem-tartalmát. A közölt termésadatok és növényvizsgálati eredmények minden esetben a két növedék összegére vagy átlagára vonatkoznak. A két növedékben a trágyahatások iránya és mértéke közelálló volt, így ismétlésül szolgálhattak (Kádár 1978).

Az adatok bemutatásával, amennyiben a kölcsönhatások nem bizonyíthatók, mint pl. a talajvizsgálatok egy részénél, csak az egyes elemek főhatását közöljük. Azaz a 4 ellátottsági szint függvényében a 16-16 edény (ismétlés) átlagaiban. Ha pl. igazolhatók a NxP stb. kölcsönhatások, úgy az NxP kétirányú táblázatokat közöljük a hiányzó harmadik elem, 4-4 edény átlagában, tehát 16 adatot. Ha az NxPxK másodrendű kölcsönhatások is jelentkeztek, úgy mind a 64 kezelés eredményét közöljük.

A két- és háromtényezős táblázatokban közösek az SzD értékek a sorok és az oszlopok adataira. Az említett kísérleti tervvel sikerült olyan megbízható többtényezős kísérletet nyernünk, amellyel a bonyolultabb kölcsönhatások is kellő részletességgel vizsgálhatók a talajban és a növényben. A hazánkban használható műtrágyák többsége savanyító hatású,

indokolt tehát a műtrágyázás és a meszezés kérdéseit komplexen értékelni. Ilyen átfogó kutatásokra, kísérleti tevékenységre korábban nem találtunk adatot a hazai irodalomban.

A két növedék betakarítása után az edények talaját átrostáltuk és a nagyobb gyökérmagadványokat eltávolítva átlagmintákat vettünk. A talajmintákban meghatároztuk az AL-oldható P, K, Ca, Mg tartalmakat; a hidrolitos aciditást; pH-t; felvehető  $\text{NH}_4\text{-N}$  és  $\text{NO}_3\text{-N}$ , valamint a rácsba zárt "fixált"  $\text{NH}_4\text{-N}$  tartalmat. Az edények talajába cellulóz-tesztet helyeztünk a biológiai aktivitásuk jellemzése céljából. A kísérletben felhasznált műtrágyák formáit és mennyiségeit a 31. táblázat közli. A meszezés 15 t/ha Ca adagnak felelt meg. A táblázat kg/ha, ill. t/ha mennyiségei természetesen csak tájékoztató jellegűek.

A fiatal kukorica hajtásának súlyadatait a 32. táblázat mutatja be. Mivel talajunk mindhárom tápelemben hiányos volt, önmagában egyik elem sem mutatott érdemleges hatást. Együttesen ugyanakkor többszörösére növelték a földfeletti hozamot mind a meszezett, mind a meszezetlen kísérletben. Legkevésbé a K hatott, leginkább a N, egy szintig. A N túltrágyázás már depressziót okozott. A meszezett edények termésszintje átlagosan magasabbnak mutatkozott, de mindössze csak 20-30 %-kal.

A talajok cellulózbontó aktivitását is elsősorban az NxP táplálás befolyásolta, itt a K-hatás nem is volt igazolható. A trágyázatlan edények talajában a cellulóz mintegy 1/3-a bomlott el, míg a kielégítően trágyázotton közel 2/3-3/4-e. A meszezés enyhén csökkentette a cellulózbontó baktériumok tevékenységét (33. táblázat).

A talajtulajdonságokat vizsgálva a 34. táblázat adataiból megállapítható, hogy a P hatására sokszorosára nőtt a talaj felvehető (AL- és Olsen) foszfortartalma. A kimutatott AL-Ca mennyisége a meszezett kísérletben P-hatására csökkent, hasonlóképpen csökkent a N-formák és az összes ásványi N mennyisége is.

A K-trágyázás közel 7-szeresére növelte a felvehető K mennyiségét a talajban. Szignifikánsan emelkedett az AL-Mg tartalom is. A pH, valamint a N-formák és az összes ásványi N mennyisége megbízhatóan alacsonyabbnak mutatkozott a K-mal feltöltött edényekben (35. táblázat).

Mint ismert, a  $\text{K}^+$  és az  $\text{NH}_4^+$  ionok képesek ugyanazon helyeket elfoglalni a kristályrácsokban, ezért egymást kiszoríthatják. Amint a 36. táblázatban látható, N hatására nőtt a meszezetlen talajok AL-K tartalma. A meszezett talajokon viszont más mechanizmus érvényesülhetett, itt a felvehető K koncentrációja felére csökkent. A CaxK ionantagonizmus meggátolta a K ionok oldatba jutását. Lesüllyedt a felvehető Mg mennyisége is. A felvehető N-formák közül a nitrát 50-szeresére, az ammónia 15-20-szorosára, míg a rács-N kétszeresére emelkedett. Legmozgékonyabb, a környezetre (talaj, víz) is legveszélyesebb nitrogénforma tehát a nitrát.

A 37. táblázatban külön bemutatjuk a nitrát és az ammónia változását az NxP kölcsönhatások függvényében, meszezett és meszezetlen talajon. A 38. táblázatban az AL-K és az AL-Mg tartalmak alakulását szemléltetjük szintén az NxP kölcsönhatások tükrében. Mindkét táblázat eredményei meggyőzően bizonyítják, hogy a kölcsönhatások figyelembevétele elengedhetetlen a további részletes vizsgálatokban. Különösen fontosak lehetnek azonban a kölcsönhatások a növényi felvétel során. A továbbiakban erre fordítjuk figyelmünket.

Amint a 39. táblázat eredményei mutatják, a NxP kölcsönhatás következtében a N % mintegy 3-szoros, a P % pedig 6-szoros változást szenvedett. Hasonlóképpen a 40. táblázatban közölt KxP kölcsönhatások mintegy 4-szeres különbségeket eredményeztek a K tartalomban, különösen a meszezett talajon. A Ca koncentrációja ugyanítt 1/3-ára zuhan az együttes PK trágyázás eredményeképpen.

A 41. táblázatban közölt Mg és Mn tartalomban ismét a NxP kölcsönhatások a kifejezettek. A N növeli, a P csökkenti a koncentrációkat a növényi szövetekben. Meszezés hatására a Mn tartalom látványosan 1/6-1/7-re süllyed. Tendenciájában hasonló a Fe és Zn viselkedése a NxP kölcsönhatás függvényében a 42. táblázat adatai szerint. A PxZn antagonizmus jelensége különösen kifejezetten jelentkezik a meszezett talajon, míg a mészhatás a Mn elemtől eltérően nem nyilvánul meg a Fe és Zn esetében.

A Cu és az As koncentrációban a KxP hatások figyelemre méltóak. A meszezés mindkét elem tartalmát 30-50 %-kal mérsékelte. A K-trágyázás meszezetlen talajon képes volt a Cu felvétel radikális visszaszorítására, míg az As koncentrációját inkább növelte. A P-szintek hatása is eltért e két elem viselkedésében: a Cu tartalma süllyedt, míg az As tartalma inkább emelkedett, különösen a meszezetlen talajon (43. táblázat).

Jelentkezett a KxN kölcsönhatás is némely elemek felvételében. A 44. táblázatban bemutatott S %-át mind a K, mind a N ellátás emelte, különösen meszezés nélkül. A Sn koncentrációja is nőtt a N ellátással, de jelentkezett a KxSn antagonizmus, kifejezetten a meszezetlen talajon. A meszezés mindkét elem tartalmára gátló hatású volt.

A KxN kölcsönhatás nyilvánult meg a Se és a Sb elemeknél a 45. táblázat eredményei szerint. A N ellátás egyértelműen serkentette a felvételt mindkét esetben. A K ellátás hatása nem volt ilyen következetes: a meszezett talajon többszöröseire növelte a Se, valamint enyhén de igazolhatóan csökkentette a Sb koncentrációit. Mindenesetre megnyugtató, hogy a környezeti szempontból aggodalomra okot adó Se felvételét felére csökkenthetjük meszezéssel.

A Sr és a Be elemek mennyisége (46. táblázat) ugyanakkor lényegesen nem változott a meszezés hatására, sőt a Be koncentrációja mintegy 1/3-ával emelkedett átlagosan. A N ellátás minden esetben növelte a tartalmat, kifejezettebben a meszezetlen talajon. A K ellátás ezzel szemben enyhén mérsékelte a koncentrációkat, ellensúlyozva a N hatásait. Jelentkezett a KxSr antagonizmus, a KxCa ionantagonizmushoz hasonlóan. Ismert, hogy a Sr a Ca-ot helyettesíteni képes, rokon tulajdonságú a  $Ca^{2+}$  ionnal.

Kevésbé volt ismert a Te, Bi illetően viselkedése. Amint a 47. táblázatban látható, a Te rendkívül érzékenyen reagált mind az NxP szintekre, mind a meszezésre. A meszezés 1/10-ére csökkentette a felvételét. A N ellátás erősen serkentette, míg a P ellátás ezzel szemben hatott. Hasonló tendenciák, bár kevésbé látványosan jelentkeztek a Bi esetében is. A Te tehát rendkívül mozgékony elem a növényben, talán az eddig ismertek közül a Na hasonlítható hozzá.

Mindenesetre szinte hihetetlennek tűnik, hogy az ICP mérések eredményei szerint akár 30-szorosára is nőhet a növényi Te tartalom a nitrogénnel túltrágyázott, erősen savanyú talajon, a meszezett és trágyázatlanhoz viszonyítva anélkül, hogy Te tartalmú trágyaszereket alkalmaztunk volna. A kölcsönhatások elemzése tehát kulcskérdésévé vált a talajtermékenységi és környezeti kutatásoknak. A növényi összetétel irányításában az elemek egymáshoz viszonyított arányának ismerete, a levélanalízis módszerének alkalmazása hatékony eszköz lehet. A Hg és a V az NxP hatásait tükrözte. A meszezés 1/4-ére mérsékelte a Hg, valamint 1/2-ére a V tartalmakat. A P hatása nem volt pregnáns, de a N táplálás pozitív hatása kifejezetten megnyilvánult minden esetben, különösen a meszezetlen talajokon (48. táblázat).

Az NxK hatások nem voltak minden esetben igazolhatók a Ni tartalom változásán. A meszezés 1/3-ára mérsékelte a felvételét. Összességében megállapítható, hogy ez az elem kevésbé volt mozgékony a növény föld feletti részeiben (49. táblázat). Hasonlóképpen nem változott lényegesen a B és a Ba. A N táplálás tendenciájában serkentette a Cd, Co, Ti felvételét. Itt valóban csak a tendenciákról beszélhetünk, mert a minták egy részében a tartalom mérés határ alatt volt. A 49. táblázat eredményei alapján az is megállapítható a mérések gyakorisága szerint, hogy

- a meszezés hatására csökkent a Cd, Co, Li koncentrációja.
- a meszezés nem befolyásolta a Cr felvételét.
- a meszezés enyhén növelte a Ti, erősebben a Si koncentrációit.

Kísérreljük meg a továbbiakban összefoglalni a tápelemek közötti kölcsönhatásokat. Erre a meszes csernozjomon beállított, szója szabadföldi műtrágyázási tartamkísérletünk, valamint a savanyú vályog agyagbemosódásos erdőtalajjal beállított NPK műtrágyázási és meszezési tenyészedény modellkísérletünk alkalmas. Lássuk az egyes elemek viselkedését, a koncentrációk változását, beleértve az esszenciális és nem esszenciális elemeket is, a jobb összehasonlítás és áttekintés céljából.

N	Extrém esetekben mennyisége két-háromszorosan is változhat az NPK ellátás függvényében. Kísérleteinkben a P-ellátás csökkentő hatását bizonyíthattuk (tenyészedény), míg a N-ellátás növelte a tartalmakat.
P	A N- és K-trágyázás mérsékelte koncentrációit a tenyészedények növényeiben, míg a P-trágyázás minden esetben, szabadföldön is, statisztikailag igazolhatóan növelte.
K	A K ellátás pozitív hatása minden esetben megnyilvánult. Modellkísérletben a P-trágyázás csökkentette a koncentrációkat.
Ca	Szabadföldön P hatására nőtt a Ca %, tenyészedényekben fordítva. A KxCa antagonizmust a tenyészedényekben igazolni lehetett.
Mg	A N-ellátás javulása tenyészedényben egyértelműen növelte, míg a P csökkentette koncentrációit. Szabadföldön ezzel szemben két esetben bizonyítható volt a P serkentő hatása, valamint a KxMg antagonizmus.
Mn	A N általában emelte, tenyészedényben és szabadföldön egyaránt, míg a P tenyészedényben mérsékelte ezen elem mennyiségét.
Fe	N hatására nőtt, P hatására csökkent a tenyészedényben. Szabadföldön változása nem volt igazolható.
Zn	Tenyészedényben a N növelte, míg a P csökkentette. Szabadföldön hasonló tendencia érvényesült, esetenként statisztikailag is igazolhatóan (PxZn antagonizmus).
Cu	Tenyészedényben mind a P, mind a K ellátás csökkentette. Szabadföldön ezek a változások nem igazolhatók.
As	Kevésbé változott tenyészedényben a koncentráció. A szójában nem mértük.
S	Mozgékony elemnek mutatkozott tenyészedényben. Mind a N, mind a K ellátás növelte a felvételt. Szabadföldön nem volt adat.
Sn	Tenyészedényben a N növelte, míg a K enyhén csökkentette. Szabadföldön nem volt adat.
Se	Mind a N, mind a K növelte koncentrációit tenyészedényben. Szabadföldön nem volt adat.
Sb	Kevésbé mozgékony elemnek mutatkozott tenyészedényben. Szabadföldön nem volt adat.
Sr	Tenyészedényben a N növelte, míg a K enyhén mérsékelte. Szabadföldön a P-ellátás javulásával látványosan és igazolhatóan nőtt a koncentráció.
Be	Kevésbé változott tenyészedényben, a N enyhén növelte, míg a K mérsékelte. Szabadföldön nem volt adat.
Te	Az eddig megismert elemek közül a legérzékenyebbnek mutatkozott, nagyságrendi változásokkal. A N-ellátás erősen növelte, míg a P csökkentette. (A meszezés hatása is itt volt a legdraszikusabb, 1/10-ére mérsékelte a felvételét.) Szabadföldön nem volt adat.
Bi	Tenyészedényben a N növelte. Szabadföldön nem volt adat.
Hg	Tenyészedényben a N növelte, P csökkentette. Szabadföldön nem volt adat.
V	Mozgékony elemnek mutatkozott a tenyészedények növényeiben: A N növelte (részben a P is), a meszezés felére csökkentette. Szabadföldön a szárban volt kimutatható mennyiségben, ahol a N nem igazolhatóan, de tendenciájában növelte felvételét.
Ni	Kevésbé mozgékony tenyészedényben, meszezés erősen gátolta felvételét. Szabadföldön nem volt egyértelmű változás.

- B** Tenyészedényben nem változott. Szabadföldön a P tendenciájában következetesen (esetenként igazolhatóan is) növelte, míg a K ezzel ellentétes hatást mutatott.
- Ba** Tenyészedényben nem változott. Szabadföldön két esetben bizonyíthatóan a K táblálás növelte koncentrációit.
- Cd** A meszezett edényekben gyakorlatilag nem volt kimutatható. Szabadföldön egyértelmű változást nem lehetett igazolni.
- Co** A meszezetlen kísérletben méréshatár körüli volt mennyisége, meszezetten általában már nem volt kimutatható. Szabadföldön szintén méréshatár körüli a mennyisége, változások nem igazolhatók.
- Li** Méréshatár körüli tenyészedényben. Szabadföldön szintén.
- Cr** Méréshatár körüli tenyészedényben és szabadföldön egyaránt.
- Ti** Méréshatár körüli tenyészedényben, a meszezett talajon gyakrabban kimutatható. Szabadföldön a vegetatív részekben kimutatható, de NPK műtrágyázás hatására nem változott.
- Si** Méréshatár alatt gyakoribb (főleg meszezés nélkül) a tenyészedényekben. Szabadföldön mennyisége egy nagyságrenddel nagyobb a szója növényben. Egyértelmű változások nem igazolhatók műtrágyázás hatására.
- Al** Egyértelmű változások nem igazolhatók műtrágyázás hatására szabadföldön. Tenyészedényben nincs adat.
- Mo** Mennyisége méréshatár körüli szabadföldön. Tenyészedényben nincs adat.
- Na** Tendenciájában nőtt műtrágyázás hatására. Egy esetben a K pozitív hatása statisztikailag is igazolható volt szabadföldön. Tenyészedényben nincs adat.

## 8. Összefoglalás, következtetések

Az egyes elemek viselkedése eltérő lehet szabadföldön és tenyészedényben. Ebben az eltérő fajta és növényfaj is közrejátszik. Sokkal több adatot kell gyűjtenünk tehát ahhoz, hogy egyértelműbb elképzelésünk legyen a mikroelemek és nehézfémek felvételéről a talajviszonyok és a növényfajok függvényében. A legfőbb tendenciák, törvényszerűségek azonban máris megfogalmazhatók, melyeket nagy valószínűséggel általánosnak tekinthetünk. Ezek az alábbiak:

1. A talaj reakcióállapota számos esetben döntően befolyásolja a nehézfémek növényi felvételét. Megváltoztathatja ugyanakkor az egyes elemek között *kölcsönhatások* irányát és mértékét is, ezen keresztül az NPK műtrágyázás nehézfémek felvételére gyakorolt hatását. Az NPK táplálás hatása és kölcsönhatása általában a meszezetlen talajon a kifejezettebb, ahol a mikroelemek abszolút mennyisége is nagyobb.

2. Szinte minden körülmények között érvényesülnek a legismertebb kölcsönhatások, az *ionantagonizmusok*, melyeket az elemek kémiai eredete határoz meg. Ezek a  $PxZn$ ,  $KxCa$ ,  $KxMg$  stb.
3. A N trágyázás általában növeli a legtöbb elem, köztük a mikroelemek és nehézfémek felvételét. A N ilyen irányú, "hajtó" hatása régről ismert az agrokémiában. A ritka fémekre gyakorolt analóg hatása azonban korábban nem volt feltárva.
4. Az NPK ellátás kiegyensúlyozottsága, a megfelelő szaktanácsadás igen fontos a mikroelemek felvételének kontrolljában. Ugyanis a N, a P és a K, mint a három alapvető tápelem kiegyensúlyozottsága biztosítja a mikroelemek arányos felvételét is. A három makrotápelem hatásában *ellensúlyozza, ill. kiegyenlíti egymást*.
5. Az eddigi szerény elemzéseink szerint növényeink *nem mutattak* aggodalomra okot adó toxikus elemtartalmakat. Az 50. táblázatban bemutatjuk a vizsgált különböző növényfajok hajtásának és a dohány felső levelének átlagos összetételét különböző talajokon. Egyben (zárójelben) az irodalmi toxikus határkoncentrációkat is közöljük abból a célból, hogy saját vizsgálatainkat összevethessük az irodalmi adatokkal. Igyekeztünk minden elemre kitérni és amint látható, adataink rendkívül hiányosak és bizonytalanok.

Messzemenő következtetéseket nem vonhatunk le az 50. táblázat adataiból, annál is inkább, mert

- az elemzéseket különböző laboratóriumok vizsgálták,
- eltérő növényfajokat elemeztünk és egyben nem azonos elemeket határoztunk meg,
- a kísérletek eltérő talajokon és években folytak stb.

A táblázatban közöltek csak *iránymutatóul és áttekintés céljából* mutatjuk be. Szisztematikus további kutatásokra lesz szükség, hogy ezeket a hiányzó vagy bizonytalan információkat újakkal pótoljuk, megerősítsük. A tudományos jelleg megköveteli, hogy ismerjük méréseink (mintavétel, előkészítés, elemzés, statisztikai feldolgozás stb.) hibáját. Sajnos csak többszöri kísérletes megerősítés után tudunk biztosabban haladni előre.

Hasonló megfontolásból állítottuk össze az 51. táblázatot, ahol a szója kivételével minden eddig végzett kísérlet, szabadföldi és tenyészedény, eredményét bemutatjuk. Összesen 16 kísérlet ill. mintavétel szerepel 4 talajtípuson, sokezer egyedi mérést reprezentálva, 34 elemre kiterjedően. Itt már lehetőségünk nyílik a kísérleti átlagok alapján áttekinteni az egyes elemek tenyészidőben történő változását is, valamint összevetni más növények átlagos összetételével. Nagyobb biztonsággal ítéltethők meg tehát a kevésbé ismert nehézfémek. Az első 12 elem a 6 esszenciális makro- és a 6 esszenciális mikroelemet jelöli.

## 10. Felhasznált irodalom

- ANDERSSON, A. (1990): Heavy metal problems in Swedish food production and food. In: Proceedings of "Swedish-Hungarian Seminar on Environmental Problems in Agriculture." 235-257. Kungl. Skogs-Och Lantbruksakad. Rapport Nr. 51. Stockholm.
- ADRIANO, D.C. (1986): Trace elements in the terrestrial environment. Springer Verlag. New York, Berlin.
- ALLAWAY, W.H. (1968): Agronomic controls over the environmental cycling of trace elements. Adv. Agron. 20:235-274.

- BERGMANN, W. (1986): Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. VEB Gustav Fischer Verlag. Jena.
- BOLDIS, O. (1986): Magyarország főbb talajainak nehézfém-tartalma. Kézirat. MTA TAKI. Budapest.
- BOWEN, H.J.M. (1979): Environmental chemistry of the elements. Academic Press. New York.
- CERLING, V.V. (1990): Diagnosztika pítanija szel'szkoho-zajsztvennüh kultur. Szpravocsnik Agropromizdat. Moszkva.
- CHAPMAN, H.D. (Ed. 1966): Diagnostic criteria for plants and soils. Quality printing Co. Abeline, TX. USA.
- EPSTEIN, E. (1972): Mineral nutrition of plants. Principles and perspectives. J. Wiley and Sons Inc. New York.
- GYŐRI, D. (1980): A talaj termékenysége. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- HEWITT, E.J. - SMITH, T.A. (1974): Plant mineral nutrition. The English Univ. Press Ltd. London.
- KABATA-PENDIAS, A. - PENDIAS, H. (1984): Trace elements in soils and plants. CRC Press, Inc. Boca Taron. Florida.
- KÁDÁR, I. (1980): A kálium jelentősége földművelésünkben és egy csernozjom talaj termékenységében. Agrokémia és Talajtan. 29:577-594.
- KÁDÁR, I. - PUSZTAI, A. - SÜLYÖK, L. (1988): A meszezés és műtrágyázás együttes hatásának vizsgálata tenyészedeény kísérletben. I. Talajvizsgálati és terméseredmények. Agrokémia és Talajtan. 36-37:223-238.
- KÁDÁR, I. (1988): A meszezés és műtrágyázás együttes hatásának vizsgálata tenyészedeény kísérletben. II. Növényvizsgálati és tápanyagforgalmi elemzések. Agrokémia és Talajtan. 36-37:239-252.
- KÁDÁR, I. - VASS, E. (1988): Napraforgó műtrágyázása és meszezése savanyú homoktalajon. Növénytermelés. 37:541-547.
- KLOKE, A. (1980): Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden. Mitt. VDLUFA. H. 1. 9-11.
- LÁSZTITY, B. (1986): Néhány elem koncentrációjának változása az őszi rozsbán és tritcaleban a tenyészidő folyamán. Agrokémia és Talajtan. 35:85-94.
- LÁSZTITY, B. (1987): Néhány nehézfém koncentrációjának változása a tenyészidő folyamán őszi búzában. Növénytermelés. 36:367-372.
- MINEEV, V.G. (1984): Agrohimija i bioszfera. Izd. "Kolosz". Moszkva.
- MORTVEDT, J.J. (1978): Soil reactions of Cd contaminants in P fertilizers. Agron. Abstr. Dec. 3.
- NILSSON, L.G. (1990): Effect of crop rotation and NPK levels on yield and soil parameters. Manuscript. Uppsala. Sweden.
- PAIS, I. (1983): The biological importance of titanium. J. Plant Nutrition. 6:3-31.
- SHACKLETTE, H.T. - BOERNGEN, J.G. (1984): Element concentrations in soils and other surficial materials of the conterminous United States. U.S. Geol. Surv. Prof. Pap. 1270. Washington. D.C.
- TÖLGYESI, GY. (1969): A növények mikroelem-tartalma és ennek mezőgazdasági vonatkozásai. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- TRUDINGER, P.A. - SWAINE, D.J. (Eds. 1979): Biogeochemical Cycling of mineral-forming elements. Elsevier. Amsterdam.

#### 1. táblázat

Mikroelemek áttekintése potenciális toxicitás, ill. élettani hasznosságuk alapján a növényi és állati táplálásban (ADRIANO 1986)

Elem	Szükséges		Potenciálisan toxikus		Általános észrevételek
	Növény	Állat	Növény	Állat	

Ag	-	-		+	Cu és Se kölcsönhatást mutat
As	-	+	+	+	Rákkeltő lehet
B	+	-	+		Növényben feldúsulhat
Ba	-				Oldhatatlan, viszonylag nem mérgező
Be	-	-	+	+	Rákkeltő
Bi	-	-	+	+	Relative nem mérgező
Cd	-	-	+	+	Rákkeltő, élemben dúsul
Co	+	+	+	+	Relative nem mérgező, rákkeltő
Cr	-	+	+		Rákkeltő, Cr(6+) erős mérgező
Cu	+	+	+		Nem mozgékony
F	-	+	+	+	Felhalmozódva mérgező
Hg	-	-		+	Élelemláncban dúsul, erős mérgező
Mn	+	+	+		Savanyú talajon növényre káros
Mo	+	+		5-20 ppm	Állatra mérgező
Ni	-	+	+	+	Rákkeltő, mobilis a növényben
Pb	-	-	+	+	Felhalmozódva mérgező
Sb	-	-		+	Nem mozgékony, gyengén mérgező
Se	+	+	+	4 ppm	Kölcsönhatás más elemekkel, mérgező
Sn	-	+		+	Nem mozgékony, kevésbé mérgező
Ti	-				Nem mozgékony, rákkeltő lehet
Tl	-	-		+	Mobilis a növényben
V	+	+	+	+	Rákkeltő, feldúsul, mérgező
W	-	-			Ritka és nehezen oldható
Zn	+	+			Inkább hiánya gyakori az élelemben

Megjegyzés: Titán más szerzők szerint hasznos lehet

+ = igen

- = nem

nincs jel = nincs adat

File: nehezf0

### 3. táblázat

Talajok összes mikroelemtartalmának változása különböző szerzők szerint (mg/kg)

Elem	Kloke (1980)	Bowen	Shacklette és
------	--------------	-------	---------------

	Általában	Megengedett	Szennyezett	1979	Boerngen (1984)
Ag	-	-	-	0.01-8	-
As	2-20	20	8000	0.1-40	0.1-97
B	5-30	25	1000	2-270	20-300
Ba	-	-	-	100-3000	10-5000
Be	1-5	10	2300	0.01-40	1-15
Bi	-	-	-	0.1-13	-
Cd	0.1-1	3	200	0.01-2	-
Co	1-10	50	800	0.05-65	3-70
Cr	2-50	100	20000	5-1500	1-2000
Cu	1-20	100	22000	2-250	1-700
F	50-200	200	8000	20-700	10-3700
Hg	0.1-1	2	500	0.01-0.5	0.01-4.6
Mn	-	-	-	20-10000	2-7000
Mo	1-5	5	200	0.1-40	3-15
Ni	2-50	50	10000	2-750	5-700
Pb	0.1-20	100	4000	2-300	10-700
Sb	<0.1-5	5	-	0.2-10	1-8.8
Se	0.1-5	10	1200	0.01-12	0.1-4.3
Sn	1-20	50	800	1-200	0.1-10
Sr	-	-	-	4-2000	5-3000
Ti	<100-5000	5000	20000	150-25000	70-20000
V	10-100	50	1000	3-500	7-500
Zn	3-50	300	20000	1-900	5-2900
Br	1-10	10	100	-	-
Ga	< 0.5-1.0	10	300	-	-
Tl	<0.1-0.5	1	40	0.1-0.8	-
U	<0.1-1	5	115	-	-
Zr	<10-300	300	6000	-	-
W	-	-	-	0.5-83	-

- nem történt mérés

Foszforitok és foszfor műtrágyák mikroelemtartalma, mg/kg

Elem	Foszforitok		P-műtrágyák
	Bowen (1979)	Trudinger és Swaine (1979)	Kabata-Pendias és Pendias (1979)
As	30	0.4-188	2-1200
B	50	3-33	5-115
Ba	100	1-1000	200
Be	0.5	1-10	-
Cd	0.01-35*	1-10	7-170**
Ce	100	9-85	20
Co	3-5	0.6-12	1-10
Cr	2-1000	7-1600	66-245
Cu	100	0.6-3.94	1-300
F	31.000	-	8500-15.500
Hg	0.2	10-1000	0.01-0.12
Li	-	1-10	-
Mn	30	1-10.000	40-2000
Ni	2-1000	2-30	7-32
Pb	2-14	1-100	7-225
Sb	0.2-7	1-10	-
Se	-	1-10	0.5
Sn	0.2	10-15	3-4
Sr	1000	1800-2000	25-500
Ti	600	100-3000	-
U	90	8-1300	-
V	300	20-500	2-180
Zn	300	4-345	50-1450
Zr	30	10-800	50
Mo	0.03	1-138	0.1-60

\* Kloke (1980)

\*\* Mortvedt (1978)

A svéd mezőgazdaság becsült Cd mérlege 1985-ben  
(Andersson 1990)

Egyenleg tételei	kg/év	g/ha	%
<b>Bevétel</b>			
műtrágyákkal	2900	1.0	46
istállótrágyával	800	0.3	13
szennyvíziszappal	280	0.1	4
meszezőanyagokkal	50	0.0	1
trágyaszerrel összesen	4030	1.4	64
csapadékkal	2300	0.8	36
<b>mindösszesen</b>	<b>6330</b>	<b>2.2</b>	<b>100</b>
<b>Kiadás</b>			
növényi felvétel	1709	0.6	27
kimosódás	317	0.1	5
<b>összesen</b>	<b>2026</b>	<b>0.7</b>	<b>32</b>
<b>Mérleg egyenlege</b>	<b>+4304</b>	<b>+1.5</b>	<b>+314</b>

8. táblázat

Kifejlett levelek mikroelem tartalma különböző fajok átlagában, mg/kg

Elem	Kabata-Pendias és Pendias (1984)		Egyéb szerzők szerint*	
	Szokásos	Mérgező	Szokásos	Mérgező
Ag	0.5	5-10	-	-
As	-1.7	5-20	0.01-1.7	3-70
B	10-200	50-200	7-100	75-300
Ba	-	500	5-15	500-1000
Be	1-7	10-50	1-7	5-25
Cd	0.05-0.2	5-30	0.05-1	10-100
Co	0.02-1	15-50	0.01-1	1-100
Cr	0.1-0.5	5-30	0.1-1	1-30
Cu	5-30	20-100	3-30	20-100
F	5-30	50-500	-	-
Hg	-	1-3	0.01-1	1-6
Li	3	5-50	-	-
Mn	20-300	300-500	20-300	300-1000
Mo	0.2-1	10-50	0.1-1	10-400
Ni	0.1-5	10-100	0.1-2	10-150
Pb	5-10	30-300	2-10	15-300
Se	0.01-2	5-30	0.1-2	10-200
Sn	-	60	0.1-1	1-60
Sb	7-50	150	0.05-1	1-150
Sr	-	-	1-50	50 felett
Ti	-	50-200	-	-
V	0.2-1.5	5-10	0.1-1.5	1-10
Zn	27-150	100-400	15-150	100-1500
Zr	-	15	-	-

\* Adriano 1986, Bergman 1986 stb.

## 10. táblázat

A kísérletben 1973. és 1988. között felhasznált műtrágya hatóanyag és a műtrágyák mennyiségei,  
valamint a talaj szántott rétegének felvehető tápelemtartalma  
(Meszes vályog csernozjom, Nagyhörcsök)

Tápelem, ill. trágyázás	Trágyázási, ill. NPK ellátottsági szintek				SzD <sub>5%</sub>
	0	1	2	3	
<b>Adott műtrágya hatóanyag, kg/ha/év, átlagosan</b>					
N	-	100	200	300	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	67	133	200	
K <sub>2</sub> O	-	133	266	400	
<b>Adott műtrágya hatóanyag kg/ha 15 év alatt, összesen</b>					
N	-	1.500	3.000	4.500	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	1.000	2.000	3.000	
K <sub>2</sub> O	-	2.000	4.000	6.000	
<b>Adott műtrágya kg/ha/15 év alatt, összesen</b>					
Pétisó 25 %-os	-	6.000	12.000	18.000	
Szuperfoszfát 18 %-os	-	5.555	11.110	16.665	
Kálisó 40-60 %-os	-	4.000	8.000	12.000	
Összesen	-	15.555	31.110	46.665	
<b>Szántott rétegben felvehető tápelem 1986. őszén, mg/kg</b>					
KCl-oldható NO <sub>3</sub> -N	11	14	16	20	2
AL-oldható P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	89	142	255	384	21
AL-oldható K <sub>2</sub> O	140	220	361	468	24

## 12. táblázat

A vizsgált kísérleti talajok szántott rétegének cc. HNO<sub>3</sub> oldható elemtartalma, mg/kg  
(Feltárás: MTA TAKI, ICP elemzés: KÉE)

Kezelés	Zn	Co	Cr	Cu	Ba	Cd	Ga
<b>Meszes vályog csernozjom, Nagyhörcsök</b>							
Kontroll	47	9.3	20	18	74	0.8	12
N	42	9.4	21	17	77	1.2	13
P	47	9.9	22	18	80	0.9	14
K	46	9.4	20	17	78	0.9	12
NPK	43	8.8	19	16	79	1.0	13
Átlag	45	9.4	20	17	78	1.0	13
CV%	7	5	6	6	5	18	11
<b>Savanyú homokos erdőtalaj, Nyírlugos</b>							
Kontroll	116	2.7	4	5	21	0.8	4
N	45	2.6	4	5	18	0.7	4
NP	61	2.4	4	5	20	0.5	5
NK	43	2.2	4	5	16	0.7	4
NPK	46	2.3	4	5	26	0.6	4
NPKCaMg	71	2.7	4	5	20	0.6	4
Átlag	58	2.5	4	5	19	0.6	4
CV%	75	14	18	24	12	30	25

As, B, Mo, Se a kimutathatósági határ alatt

Kimutathatósági határ: As 2.5; Al 2.0; B 0.1; Ba 0.1; Be 0.15; Ca 0.5; Cd 0.15; Co 0.3; Cr 0.6; Cu 0.3; Fe 0.35; Ga 2.0; K 5.0; Li 0.2; Mg 1.5; Mn 0.1; Mo 0.15; Na 1.5; Ni 1.0; Pb 1.0; Se 4.0; Si 4.0; Sr 0.02; V 0.2

## 14. táblázat

Hazai talajok átlagos Cd tartalmának és szórásának változása a talajprofilban, mg/kg  
(0.5 M HNO<sub>3</sub>-kioldás, Boldis Ottó adatai, 1986)

Sor- szám	Talaj. típus	Átlag Szórás	Mintavétel mélysége, cm			
			0-30	30-60	60-90	Átlag
1.	Humuszos homokok	x	0.09	0.08	0.07	0.08
		s	0.044	0.054	0.037	0.047
2.	Agyagbemosódásos erdőtälajok	x	0.11	0.08	0.08	0.09
		s	0.042	0.038	0.048	0.045
3.	Csernozjom barna erdőtälajok	x	0.17	0.15	0.13	0.15
		s	0.114	0.175	0.170	0.155
4.	Mészlepedékes csernozjomok	x	0.19	0.17	0.17	0.18
		s	0.170	0.227	0.305	0.240
5.	Réti csernozjomok	x	0.18	0.16	0.15	0.16
		s	0.073	0.098	0.101	0.093
6.	Réti- talajok	x	0.54	0.36	0.18	0.36
		s	3.09	1.673	0.197	2.030
7.	Öntés réti talajok	x	0.22	0.20	0.13	0.18
		s	0.16	0.168	0.086	0.147
8.	Humuszos meszes homoktalajok	x	0.09	0.08	0.07	0.08
		s	0.036	0.083	0.034	0.046
9.	Típusos csernozjomok	x	0.18	0.17	0.17	0.17
		s	0.181	0.242	0.326	0.255
10.	Mélyben sós réti csernozjomok	x	0.18	0.13	0.13	0.15
		s	0.041	0.044	0.048	0.054

x = átlag

s = szórás

## 15. táblázat

Az 1980. évben felhasznált műtrágyák elemtartalma  
A pétisó és a kálisó vizes, a szuperfoszfát 2 %-os citromsav kivonatból meghatározva  
(Lásztity 1986)

Elem	Pétisó	Szuperfoszfát	Kálisó
Ca %	**	**	0.18
P %	0.124	**	0.023
K %	0.129	0.303	**
Na %	0.068	0.872	18.8
Mg ppm	137	159	296
Fe ppm	0.006	0.276	0.501
Mn ppm	0.001	0.132	0.001
Zn ppm	0.7	30	1.6
Cu ppm	0.2	4.4	0.001
B ppm	0.001	8.09	9.09
Mo ppm	0.019	3.18	0.019
Cd ppb	4	4	22
Co ppb	6	616	50
Cr ppb	6	3920	6
Hg ppb	50	1390	212
Li ppb	7	449	82
Ni ppb	8	2050	833
Pb ppb	2430	3850	430
Sr ppb	471	*	17
Ti ppb	1	1073	1
Be ppb	1	349	46

\* = mérési határ alatt

\*\* = mérési határ (10 %) felett

18. táblázat

Az őszi rozs elemtartalmának változása a tenyésztési folyamán, viszonyszámokban  
(Kecskeméti H. fajta, Órbottyán, 1981)  
(Lásztity 1986)

Elem	Föld feletti növényi rész										Szem	Szalma
	Mintavételi időpontok											
	március		április			május		június			július	
	31.	9.	21.	30.	11.	21.	1.	10.	21.	17.		
N	4.38 %	100	72	48	42	40	29	24	24	23	45	13
P	0.55 %	100	69	56	47	42	31	29	24	25	73	15
K	3.29 %	100	79	68	59	53	45	39	29	25	15	26
Ca	0.68 %	100	57	47	46	37	28	28	24	22	4	29
Mg	0.15 %	100	86	93	93	80	67	67	60	60	60	53
Fe	521 mg/kg	100	83	32	35	34	28	26	18	19	6	25
Mn	91 mg/kg	100	87	59	55	57	56	58	44	38	33	33
Zn	26 mg/kg	100	85	73	73	58	46	46	50	46	88	31
Cu	7.9 mg/kg	100	94	75	61	59	48	44	47	49	52	47
B	12.3 mg/kg	69	97	72	100	97	79	51	16	15	15	28
Ba	37.6 mg/kg	100	69	63	64	60	94	64	60	66	24	180
Be	0.39 mg/kg	100	49	36	31	36	31	26	20	20	5	51
Bi	1.12 mg/kg	100	57	41	38	47	46	39	31	30	8	56
Sn	6.68 mg/kg	100	58	50	48	52	53	73	45	44	73	57
Sr	7.27 mg/kg	100	64	48	41	41	33	31	31	32	8	84
Te	1.16 mg/kg	100	71	55	48	47	46	43	36	34	64	62
Ti	0.72 mg/kg	82	100	38	28	27	22	11	10	10	-	38
As	78.2 µg/kg	100	36	16	17	21	32	27	12	11	64	39
Cr	75 µg/kg	100	48	25	15	19	57	43	33	48	20	33
Hg	29.6 µg/kg	100	40	33	33	33	39	28	31	28	10	4
Se	240 µg/kg	100	20	13	14	13	38	29	12	12	8	3
V	21.2 µg/kg	100	66	31	25	26	17	13	13	12	13	35

19. táblázat

Triticale elemtartalmának változása a tenyésztési folyamán, viszonyszámokban  
(KT-77. fajta, Órbottyán, 1981)  
(Lásztity 1986)

Elem	Föld feletti növényi rész										Szem	Szalma
	Mintavételi időpontok											
	március		április			május		június			július	

		31.	9.	21.	30.	11.	21.	1.	10.	21.	17.	
N	3.72 %	100	70	56	42	43	37	33	32	27	59	13
K	3.00 %	100	75	79	57	55	43	33	28	28	17	32
P	0.43 %	100	70	60	51	46	39	35	33	42	100	12
Ca	0.45 %	100	62	53	58	53	40	38	31	31	7	56
Mg	0.10 %	100	80	80	80	100	90	90	90	100	110	60
Fe	408 mg/kg	100	79	39	42	46	36	41	35	32	7	47
Mn	102 mg/kg	100	77	56	57	60	53	48	43	41	28	42
Zn	27 mg/kg	100	81	63	59	59	56	56	52	59	93	30
Cu	6.6 mg/kg	100	88	64	65	61	52	53	58	65	59	58
B	7.0 mg/kg	14	50	38	40	34	100	28	16	6	16	10
Ba	29.8 mg/kg	69	100	51	47	47	37	44	47	63	16	212
Be	0.30 mg/kg	79	100	42	29	37	26	18	21	18	-	58
Bi	0.56 mg/kg	66	100	49	38	53	47	47	49	41	12	78
Sn	3.43 mg/kg	41	100	45	33	55	57	58	58	55	91	75
Sr	7.26 mg/kg	100	48	36	36	39	29	25	27	33	4	102
Te	1.09 mg/kg	100	86	58	61	63	52	51	52	50	81	92
Ti	0.43 mg/kg	33	100	-	36	34	-	-	-	-	-	55
As	31.6 µg/kg	32	100	-	21	22	17	17	18	13	35	33
Cr	199 µg/kg	88	100	-	-	-	-	-	-	-	12	28
Hg	7.8 µg/kg	28	100	50	36	36	28	28	28	18	10	4
Se	55* µg/kg	-	100	-	58	87	67	91	95	-	44	15
Sb	10.82 µg/kg	100	40	-	-	-	48	48	51	48	11	73
V	21.2 µg/kg	100	52	34	34	36	20	18	19	19	21	50

\* Ezt az értéket április 9-én mértük, március 31-én mérési határ alatt volt

20. táblázat

File: nehezf00

Mikroelemek koncentrációjának változása a tenyészidő folyamán  
Meszes vályog csernozjom, Nagyhörcsök, Mv-8 búza, 1982.  
(Lásztity 1987)

Időpont Hó, nap	Cr	Ni	Li	Sr	Ti
	ppm				
<b>Április</b>					
6	1.72	2.16	1.21	14.0	5.9
16	1.14	2.04	1.10	15.2	8.4
26	.76	.40	.26	12.8	1.2
<b>Május</b>					
6	1.09	x	.18	12.4	0.3
17	1.90	x	.07	9.9	x
27	.84	x	.09	9.3	x
<b>Június</b>					
7	.12	x	.06	7.6	x
17	.20	.30	.03	6.5	x
28	.14	.29	.05	4.8	x
<b>Július</b>					
15	.07	.15	.07	8.0	x
Szem	.07	.11	.05	4.3	x
Szalma	.07	.18	.09	11.4	.7

Időpont Hó, nap	Mn	Be	Cd	Co	Pb	Hg
	ppb					
<b>Április</b>						
6	295	162	43	175	402	80
16	351	130	25	165	402	130
26	312	49	36	58	245	132
<b>Május</b>						
6	259	x	35	61	291	131
17	273	130	x	x	79	61
27	227	86	x	x	79	x
<b>Június</b>						
7	223	30	x	x	79	x
17	243	x	x	x	79	x
28	239	x	x	x	79	x
<b>Július</b>						
15	246	33	4	10	79	x
Szem	340	15	4	14	79	x
Szalma	160	49	4	14	79	x

x = méréshatár alatt

**Mikroelemek mérési pontosságának megítélése a hibaszórásokból számított  
variációs koefficiensek (CV %) alapján  
Meszes vályog csernozjom, Nagyhörcsök, Mv-8 búza, 1982  
(Lásztity 1987)**

<b>Időpont Hó, nap</b>	<b>Cr</b>	<b>Ni</b>	<b>Li</b>	<b>Sr</b>	<b>Ti</b>	
<b>Április</b>						
6	36	17	22	8	23	
16	36	20	29	9	45	
26	65	77	32	15	79	
<b>Május</b>						
6	34	-	24	13	35	
17	41	-	23	13	-	
27	-	-	16	10	-	
<b>Június</b>						
7	-	-	23	8	-	
17	-	-	62	15	-	
28	-	100	32	27	-	
<b>Július</b>						
Szem	67	81	86	120	-	
Szalma	42	28	12	7	25	
Átlagosan	46	54	33	22	42	

<b>Időpont Hó, nap</b>	<b>Mo</b>	<b>Be</b>	<b>Cd</b>	<b>Co</b>	<b>Pb</b>	<b>Hg</b>
<b>Április</b>						
6	30	20	50	73	62	-
16	27	13	87	67	40	-
26	8	43	56	77	49	83
<b>Május</b>						
6	33	-	42	80	43	-
17	22	30	-	-	-	97
27	29	42	-	-	-	-
<b>Június</b>						
7	20	47	-	-	-	-
17	18	-	-	-	-	-
28	24	-	-	-	-	-
<b>Július</b>						
Szem	37	46	-	-	-	-
Szalma	36	8	-	-	-	-
Átlagosan	26	30	59	74	58	90

24. táblázat

**A vizsgált szójánövények összes elemtartalma  
Meszes csernozjom, Nagyhörcsök (mg/kg)  
(Feltárás: MTA TAKI, ICP analízis: KÉE)**

Kezelés	Si	Mn	Sr	Ti	V	Zn	Cu	Cd
<b>Földfeletti növény 20-30 cm magasságban, 1988. VI. 27.</b>								
Kontroll	82	124	42	2.4	0.2	19	8.8	0.47
N	89	162	46	3.0	0.3	24	10.6	0.78
P	76	125	97	2.6	0.3	14	7.3	0.57
K	83	105	46	2.3	x	22	7.7	0.36
NPK	89	132	77	3.2	x	19	6.9	0.31
SzD <sub>5%</sub>	16	24	32	2.1	-	8	1.2	0.29
Átlag	84	130	65	2.7	0.3	19	8.3	0.50
<b>Földfeletti növény virágzás előtt, 1988. VII. 25.</b>								
Kontroll	68	69	36	0.7	x	18	7.0	0.47
N	85	98	38	1.7	x	24	7.6	0.42
P	78	80	78	1.6	x	20	6.3	0.36
K	81	68	44	1.5	x	19	7.8	0.52
NPK	78	90	68	1.5	x	15	6.2	0.47
SzD <sub>5%</sub>	12	17	24	1.3	-	7	2.3	0.45
Átlag	80	83	56	1.5	x	20	7.0	0.45
<b>Szem aratáskor, 1988. X. 25.</b>								
Kontroll	58	37	5.2	x	x	40	14	x
N	59	36	4.2	x	x	34	14	x
P	65	34	7.6	x	x	28	12	x
K	39	41	5.1	x	x	37	20	x
NPK	89	37	6.9	x	x	21	11	x
SzD <sub>5%</sub>	50	12	2.0	-	-	5	7	-
Átlag	63	37	5.8	x	x	31	14	x
<b>Szár aratáskor, 1988. X. 25.</b>								
Kontroll	116	50	48	6.8	0.58	9	5.1	0.47
N	106	57	39	8.8	0.97	32	6.0	0.16
P	121	41	80	6.2	0.70	9	4.5	0.21
K	116	48	51	5.5	0.57	14	5.4	0.31
NPK	103	54	70	6.1	0.56	11	4.6	0.21
SzD <sub>5%</sub>	15	21	22	4.5	0.57	6	1.1	0.19
Átlag	112	52	59	6.7	0.68	16	5.1	0.27

x = méréshatár alatt

25. táblázat

**Szója műtrágyázási tartamkísérlet statisztikai értékelése**  
(Meszes csernozjom talaj, Nagyhörcsök, 1988)

Elem	Kísérlet átlagában				CV %			
	VI.27.	VII.25.	Szem	Szár	VI.27.	VII.25.	Szem	Szár
V mg/kg	0.30	0.27	(-)	0.69	27	-	-	43
Li mg/kg	0.33	0.26	(-)	0.59	21	13	-	39
Mo mg/kg	0.35	0.55	1.9	(-)	6	39	39	-
Cd mg/kg	0.51	0.45	(-)	0.24	44	25	-	49
Co mg/kg	0.59	0.48	0.60	0.51	63	-	31	23
Cr mg/kg	1.2	(-)	3.3	0.9	25	-	-	37
Ni mg/kg	1.6	1.5	4.7	1.2	18	27	25	41
Ti mg/kg	2.7	1.5	0.2	6.7	35	41	-	35
Cu mg/kg	8.2	7.0	14.2	5.1	19	18	34	15
Ba mg/kg	11.2	8.3	2.0	13.0	26	31	15	36
Zn mg/kg	19	20	31	16	25	19	23	60
B mg/kg	41	43	35	31	17	14	9	10
Sr mg/kg	65	56	6	59	41	37	27	32
Na mg/kg	79	69	83	102	12	5	3	9
Si mg/kg	84	80	63	112	10	9	45	9
Mn mg/kg	130	83	37	52	19	20	22	34
Al mg/kg	337	227	117	480	20	58	31	35
Fe mg/kg	467	268	156	682	8	27	35	20
P %	0.29	0.22	0.52	0.11	30	34	24	53
Mg %	0.59	0.53	0.23	0.56	32	25	4	17
K %	1.80	1.43	1.80	0.86	37	34	7	31
Ca %	2.06	1.75	0.28	1.46	12	10	6	14

(-) = Kimutathatósági határ alatt

26. táblázat

Mútrágyázás és a meszezés hatása a dohány földfeletti hozamára  
Savanyú homoktalaj, Nyírlugos, 1988.

Kezelés	Aljlevél	Középlevél	Felső levél	Szár	Összesen
	Friss súly, g/10 növény				
-	1 903	1 579	907	2 420	6 809
N	1 546	999	549	2 262	5 356
NP	1 966	1 554	828	2 905	7 253
NK	1 863	1 225	622	2 372	6 082
NPKCa	2 920	1 918	1 044	5 271	11 153
NPKCaMg	3 256	2 048	1 092	4 940	11 336
SzD <sub>5%</sub>	873	771	556	1 384	2 040
Átlag	2 000	1 428	793	2 978	
	Légszáraz súly, g/10 növény				
-	390	326	195	396	1 307
N	321	215	120	414	1 070
NP	405	310	168	540	1 423
NK	282	250	132	448	1 212
NPKCa	596	399	224	942	2 161
NPKCaMg	679	426	217	849	2 171
SzD <sub>5%</sub>	173	139	110	245	410
Átlag	410	293	168	541	
CV %	20	22	30	21	23

27. táblázat

## A dohány ásványi összetétele savanyú homokon, Nyírlugos, 1988.

Kezelés	Al	B	Ba	Ca	K	Mg	P	Mn
	mg/kg			%				
<b>Dohány felső levele VIII. 11-én</b>								
-	526	26	20	.96	3.06	.30	.24	.12
N	628	20	22	.80	2.46	.30	.24	.14
NP	348	26	24	2.12	2.33	.28	.28	.10
NK	440	24	23	.66	2.84	.25	.22	.10
NPKCa	234	26	20	1.14	2.70	.26	.27	.04
NPKCaMg	416	34	22	1.12	3.36	.30	.30	.08
SzD <sub>5%</sub>	202	7	13	0.46	0.90	.08	.10	.06
Átlag	432	26	22	0.97	2.79	.28	.26	.10
<b>Dohány alsó levele VIII. 11-én</b>								
-	402	19	62	1.74	3.60	.44	.12	.15
N	653	14	42	1.68	1.64	.48	.10	.28
NP	388	13	47	2.02	2.16	.35	.16	.18
NK	656	17	56	1.46	3.87	.38	.10	.22
NPKCa	252	22	36	1.98	4.34	.38	.22	.08
NPKCaMg	263	20	44	2.05	4.42	.42	.19	.10
SzD <sub>5%</sub>	499	8	36	.90	1.74	.14	.04	.08
Átlag	436	18	48	1.82	3.34	.41	.15	.17
<b>Dohány szára utolsó töréskor, X. 14-én</b>								
-	144	12	27	.42	2.38	.20	.12	.03
N	235	10	20	.52	2.00	.24	.10	.08
NP	189	10	26	.64	1.63	.18	.14	.05
NK	171	11	30	.42	2.58	.20	.11	.06
NPKCa	102	10	19	.27	2.49	.16	.18	.02
NPKCaMg	156	10	20	.50	2.84	.20	.21	.03
SzD <sub>5%</sub>	156	3	30	.11	1.52	.06	.07	.04
Átlag	166	11	23	.51	2.32	.20	.14	.04
<b>Dohány levele utolsó töréskor, X. 14-én</b>								
-	275	26	46	2.14	2.18	.25	.26	.18
N	238	23	48	2.24	2.40	.42	.24	.24
NP	294	23	52	2.28	2.72	.41	.28	.26
NK	292	24	50	2.16	2.70	.36	.24	.19

NPKCa	231	30	51	2.70	2.78	.38	.22	.25
NPKCaMg	224	18	40	2.52	2.19	.44	.28	.17
SzD <sub>5%</sub>	223	20	15	.40	.87	.24	.04	.11
Átlag	259	24	48	2.34	2.51	.38	.25	.22

nehzf00

28. táblázat

A dohány ásványi összetétele savanyú homokon. Nyírlugos 1988. (mg/kg)

Kezelés	Li	Co	Fe	Na	Ni	Cr	Pb
<b>Dohány felső levele VIII. 11-én</b>							
-	5.0	3.0	806	88	4.6	17.2	
N	4.6	4.6	914	86	5.3	19.4	
NP	5.2	2.2	518	82	3.3	6.8	
NK	4.5	3.0	748	84	3.9	14.8	
NPKCa	3.4	0.7	441	85	2.3	6.3	
NPKCaMg	5.6	1.2	802	84	3.8	12.6	
SzD <sub>5%</sub>	1.2	2.9	583	8	2.3	28.6	
Átlag	4.7	2.4	705	85	3.8	12.8	
<b>Dohány alsó levele VIII. 11-én</b>							
-	9.4	1.8	602	104	4.7	9.2	
N	11.8	5.5	952	102	5.3	19.8	
NP	10.4	2.6	323	93	3.0	8.6	
NK	11.6	3.7	397	106	4.1	8.2	
NPKCa	6.8	0.8	384	96	2.4	4.0	
NPKCaMg	9.0	1.2	348	110	3.0	4.5	
SzD <sub>5%</sub>	4.1	1.8	428	16	1.9	1.6	
Átlag	9.8	2.6	501	102	3.8	9.1	
<b>Dohány szára utolsó töréskor, X. 14-én</b>							
-	1.3	0.5	183	103	3.4	3.8	
N	2.2	2.6	336	117	3.2	6.3	
NP	2.0	1.2	282	122	2.6	3.8	
NK	1.7	1.6	202	112	2.8	3.8	
NPKCa	0.7	-	107	114	2.0	1.4	
NPKCaMg	1.3	0.8	213	101	2.6	2.6	
SzD <sub>5%</sub>	0.8	2.2	339	31	1.6	6.0	
Átlag	1.5	1.1	220	111	2.8	3.4	
<b>Dohány levele utolsó töréskor, X. 14-én</b>							
-	25	2.7	230	98	4.4	x	4.0
N	19	3.5	186	96	4.1	x	1.8
NP	19	4.6	248	118	4.0	x	4.8

NK	21	2.6	275	102	3.5	x	5.1
NPKCa	16	3.0	264	100	3.5	x	3.6
NPKCaMg	18	2.0	212	98	3.0	x	3.8
SzD <sub>5%</sub>	13	2.6	115	19	4.2	-	3.0
Átlag	20	3.1	236	102	3.7	-	3.8

x = mérés határ alatt

File: nehezf00

29. táblázat

A dohány ásványi összetétele savanyú homokon. Nyírlugos, 1988. (mg/kg)

Kezelés	Si	Sr	Ti	V	Zn	Cu	Cd
<b>Dohány felső levele VIII. 11-én</b>							
-	42	114	3.8	.10	75	25	1.6
N	42	92	3.9	.31	73	15	1.5
NP	44	144	2.1	.42	62	15	1.7
NK	43	62	3.6	.55	58	18	1.1
NPKCa	53	80	2.6	.30	46	13	1.2
NPKCaMg	46	112	2.0	.25	74	18	1.2
SzD <sub>5%</sub>	6	40	3.7		12	13	0.9
Átlag	45	101	3.0	0.32	65	17	1.4
<b>Dohány alsó levele VIII. 11-én</b>							
-	48	184	4.2	.20	97	14	2.6
N	46	218	5.4	.30	101	10	3.2
NP	42	293	1.9	.20	78	9	2.8
NK	48	158	3.0	.10	84	12	2.3
NPKCa	56	182	1.0	.10	57	12	1.8
NPKCaMg	48	228	1.7	.20	50	10	2.4
SzD <sub>5%</sub>	15	75	.8		26	5	1.3
Átlag	48	210	2.8	.20	77	11	2.5
<b>Dohány szára utolsó töréskor, X. 14-én</b>							
-	56	59	.8	x	38	12	1.6
N	53	94	1.8	x	51	10	1.6
NP	53	118	.6	x	44	11	1.6
NK	52	58	.3	x	52	11	1.3
NPKCa	55	63	.2	x	24	12	1.2
NPKCaMg	60	83	.2	x	37	15	1.2
SzD <sub>5%</sub>	8	36	1.9		28	5	.7
Átlag	55	79	.7	x	41	12	1.4

Dohány levele utolsó töréskor, X. 14-én							
-	44	238	.5	x	80	17	3.6
N	44	191	.4	x	78	16	3.4
NP	44	252	.3	x	100	15	3.6
NK	44	310	0.2	x	133	10	4.4
NPKCa	50	185	.5	x	97	12	3.5
NPKCaMg	42	234	.4	x	71	8	3.5
SzD <sub>5%</sub>	6	164	.5	x	89	15	2.4
Átlag	44	235	.4	x	93	13	3.7

x = mérés határ alatt

File: nehezf00

30. táblázat

Dohány műtrágyázási tartaklélet statisztikai értékelése  
(Savanyú, homokos barna erdőtalaj, Nyírlugos, 1988)

Elem	Kísérlet átlagában				CV %			
	1	2	3	4	1	2	3	4
V mg/kg	0.3	0.2	-	-	115	93	-	-
Pb mg/kg	-	-	3.8	-	-	-	30	-
Cd mg/kg	1.4	2.5	3.7	1.4	26	20	25	19
Co mg/kg	2.4	2.6	3.1	1.1	42	24	44	35
Ti mg/kg	3.0	2.8	0.4	0.6	48	11	54	113
Ni mg/kg	3.8	3.8	3.7	2.8	23	19	44	23
Li mg/kg	4.7	9.8	19.5	1.5	10	16	25	21
Cr mg/kg	12.8	9.1	-	3.4	87	7	-	64
Cu mg/kg	17	11	13	12	28	17	44	18
Ba mg/kg	22	48	48	23	23	29	12	51
B mg/kg	26	18	24	11	11	19	33	13
Si mg/kg	45	48	44	55	6	12	5	5
Zn mg/kg	65	77	93	42	7	13	37	27
Na mg/kg	85	102	102	111	4	6	7	11
Sr mg/kg	101	210	235	79	15	14	27	18
Al mg/kg	432	436	259	166	18	45	33	37
Fe mg/kg	705	501	236	220	32	33	19	60
Mn %	.10	.17	.24	.04	24	19	19	31
P %	.26	.15	.25	.14	15	10	6	19
Mg %	.28	.41	.20	.38	12	13	25	11

Ca	%	.97	1.82	2.34	.51	18	19	7	9
K	%	2.79	3.34	2.51	2.32	13	20	13	26

Kimutathatósági határ alatt: -

A vizsgált 27 elemből egyáltalán nem volt kimutatható 5 elem: As, Ga, Hg, Mo, Se

Jelölések: 1 = VIII. 1. Felső levél      3 = X. 14. Levél  
2 = VIII. 1. Alsó levél      4 = X. 14. Szár

File: nehezf00

### 31. táblázat

A kísérletben alkalmazott tápelemdagok és trágyaadagok  
(Savanyú kötött barna erdőtalaj, tenyészedény kísérlet, Ragály)

Tápelem formája	Meszezetlen				Meszezett			
	0	1	2	3	0	1	2	3
<b>Tápelem mg/kg talajra</b>								
N NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	-	240	480	720	-	240	480	720
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	-	500	1000	1500	-	500	1 000	1 500
K <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	500	1000	1500	-	500	1 000	1 500
Ca CaCO <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	5 000	5 000	5 000
(Ca)	-	254	508	762	-	254	508	762
<b>Tápelem kg/ha</b>								
N NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	-	720	1440	2160	-	720	1 440	2 160
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	-	1500	3000	4500	-	1 500	3 000	4 500
K <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	1500	3000	4500	-	1 500	3 000	4 500
Ca CaCO <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	15 000	15 000	15 000
(Ca)	-	762	1524	2286	-	762	1 524	2 286
<b>Műtrágya t/ha (sóterhelés)</b>								
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	-	2.1	4.1	6.2	-	2.1	4.1	6.2
Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	-	2.5	4.9	7.4	-	2.5	4.9	7.4
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	2.8	5.5	8.3	-	2.8	5.5	8.3
CaCO <sub>3</sub>	-	37.5	74.9	112.4	-	37.5	74.9	112.4

N.2.86 = NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>  
P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.1.65 = Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>  
K<sub>2</sub>O.1.85 = K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
Ca.2.50 = CaCO<sub>3</sub>

34 %-os N tartalommal  
60 %-os P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tartalommal  
54 %-os K<sub>2</sub>O tartalommal  
40 %-os Ca tartalommal

File: nehezf00

33. táblázat

A műtrágyázás és a meszezés kölcsönhatása a kukorica hajtásának, valamint a talajban elbomlott cellulóznak mennyiségére (Savanyú kötött barna erdőtalaj, tenyészedény kísérlet, Ragály)

Meszezés	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>Légszáraz hajtás, g/edény</b>						
<b>Meszezetlen</b>						
N <sub>0</sub>	3	7	4	10		6
N <sub>1</sub>	5	27	28	29		22
N <sub>2</sub>	4	24	35	27		22
N <sub>3</sub>	3	18	27	28		19
					4.4	
K <sub>0</sub>	4	14	13	13		11
K <sub>1</sub>	4	20	26	24		18
K <sub>2</sub>	3	21	26	28		20
K <sub>3</sub>	4	21	29	29		21
<b>Átlag</b>	4	19	23	24	2.2	17
<b>Meszezett</b>						
N <sub>0</sub>	5	8	6	6		6
N <sub>1</sub>	5	30	33	34		26
N <sub>2</sub>	5	31	36	38		27

N <sub>3</sub>	4	27	37	36		26
					4.4	
K <sub>0</sub>	6	16	15	15		13
K <sub>1</sub>	4	25	27	26		20
K <sub>2</sub>	5	27	32	36		25
K <sub>3</sub>	5	29	36	38		27
Átlag	5	24	28	29	2.2	21
<b>Elbomlott cellulóz %-a</b>						
<b>Meszezetlen</b>						
N <sub>0</sub>	26	54	73	62		54
N <sub>1</sub>	39	46	47	59	12	48
N <sub>2</sub>	42	68	57	83		62
N <sub>3</sub>	38	75	80	81		68
Átlag	37	60	64	71	6	58
<b>Meszezett</b>						
N <sub>0</sub>	32	45	49	57		46
N <sub>1</sub>	46	44	64	62	12	54
N <sub>2</sub>	65	46	55	59		56
N <sub>3</sub>	50	58	63	67		60
Átlag	48	48	58	61	6	54

File: nehezf00

34. táblázat

**A P-műtrágyázás és a meszezés hatása a talajtulajdonságokra  
(Savanyú kötött barna erdőtalaj, tenyészedény kísérlet, Ragály)**

Meszezés	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>AL-P mg/kg</b>						
Meszezetlen	28	107	221	324	14	165
Meszezett	27	129	275	424	20	209
<b>NaHCO<sub>3</sub>-P mg/kg</b>						
Meszezetlen	10	62	121	164	5	90
Meszezett	13	52	106	160	7	82
<b>AL-Ca %</b>						
Meszezetlen	0.7	0.6	0.7	0.6	0.2	0.6
Meszezett	2.4	1.8	1.6	1.5	0.4	1.8

Hidrolitos aciditás y<sub>1</sub>

Meszezetlen	36	36	36	36	2	36
Meszezett	13	14	15	16	1	14
<hr/>						
NO <sub>3</sub> -N mg/kg						
Meszezetlen	311	198	158	154	70	205
Meszezett	646	149	101	88	92	246
NH <sub>4</sub> -N mg/kg						
Meszezetlen	262	200	174	167	80	201
Meszezett	218	119	86	72	40	124
Fixált NH <sub>4</sub> -N mg/kg						
Meszezetlen	476	439	420	431	66	442
Meszezett	388	349	344	337	56	354
Összes ásványi N mg/kg						
Meszezetlen	1052	835	761	752	145	850
Meszezett	1363	617	521	496	150	749

File: nehezf00

35. táblázat

A K-mûtrágyázás és a meszezés hatása a talajtulajdonságokra  
(Savanyú kötött barna erdőtalaj, tenyészedény kísérlet, Ragály)

Meszezés	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
AL-K mg/kg						
Meszezetlen	80	235	442	617	45	344
Meszezett	81	198	334	518	32	283
AL-Ca %						
Meszezetlen	0.5	0.5	0.8	0.9	0.2	0.6

Meszezett	1.7	1.8	1.9	1.9	0.4	1.8
AL-Mg mg/kg						
Meszezetlen	255	309	353	448	42	341
Meszezett	245	277	288	336	30	286
pH(KCl)						
Meszezetlen	3.4	3.0	2.9	2.6	0.2	3.0
Meszezett	5.4	5.4	5.2	4.9	0.3	5.2
<hr/>						
NO <sub>3</sub> -N mg/kg						
Meszezetlen	308	168	189	155	70	205
Meszezett	362	291	136	196	80	246
NH <sub>4</sub> -N mg/kg						
Meszezetlen	260	169	194	180	80	201
Meszezett	181	130	81	104	40	124
Fixált NH <sub>4</sub> -N mg/kg						
Meszezetlen	472	441	449	404	66	442
Meszezett	394	364	332	328	56	354
Összes ásványi N mg/kg						
Meszezetlen	1040	778	830	751	145	850
Meszezett	936	774	659	628	150	749

File: nehezf00

36. táblázat

A N-műtrágyázás és a meszezés hatása a talajtulajdonságokra  
(Savanyú kötött barna erdőtalaj, tenyészedény kísérlet, Ragály)

Meszezés	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
----------	----------------	----------------	----------------	----------------	-------------------	-------

AL-K mg/kg

Meszezetlen	266	277	438	393	45	344
Meszezett	416	265	243	207	32	283
<b>AL-Ca %</b>						
Meszezetlen	0.7	0.6	0.7	0.6	0.2	0.6
Meszezett	2.0	1.9	1.8	1.6	0.4	1.8
<b>AL-Mg mg/kg</b>						
Meszezetlen	410	334	303	318	42	341
Meszezett	355	268	263	260	30	286
<b>pH(KCl)</b>						
Meszezetlen	3.0	3.0	3.0	3.0	0.2	3.0
Meszezett	5.4	5.3	5.1	5.1	0.3	5.2
<hr/>						
<b>NO<sub>3</sub>-N mg/kg</b>						
Meszezetlen	8	37	338	438	70	205
Meszezett	9	142	323	511	92	246
<b>NH<sub>4</sub>-N mg/kg</b>						
Meszezetlen	27	39	282	456	80	201
Meszezett	19	37	122	317	40	124
<b>Fixált NH<sub>4</sub>-N mg/kg</b>						
Meszezetlen	270	357	530	611	66	442
Meszezett	238	291	391	507	56	354
<b>Összes ásványi N mg/kg</b>						
Meszezetlen	305	432	1158	1505	145	850
Meszezett	256	470	836	1435	150	749

File: nehezf00

37. táblázat

A műtrágyázás és a meszezés kölcsönhatása a talaj N-formáira  
(Savanyú kötött barna erdőtalaj, tenyészedény kísérlet, Ragály)

Meszezés	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>NO<sub>3</sub>-N mg/kg</b>						
<b>Meszezetlen</b>						
N <sub>0</sub>	6	8	8	11		8
N <sub>1</sub>	29	38	39	42	140	37
N <sub>2</sub>	677	318	126	230		338
N <sub>3</sub>	531	428	460	332		438
Átlag	311	198	158	154	70	205
<b>Meszezett</b>						
N <sub>0</sub>	6	16	6	7		9
N <sub>1</sub>	460	34	47	25	184	142
N <sub>2</sub>	962	116	104	110		323
N <sub>3</sub>	1158	429	245	210		511
Átlag	646	149	101	88	92	246
<b>NH<sub>4</sub>-N mg/kg</b>						
<b>Meszezetlen</b>						
N <sub>0</sub>	26	26	26	29		27
N <sub>1</sub>	28	44	39	44	160	39
N <sub>2</sub>	486	262	153	228		282
N <sub>3</sub>	509	467	480	368		456
Átlag	262	200	174	167	80	201
<b>Meszezett</b>						
N <sub>0</sub>	14	34	16	14		19
N <sub>1</sub>	74	29	23	23	80	37
N <sub>2</sub>	255	82	78	72		122
N <sub>3</sub>	530	331	228	179		317
Átlag	218	119	86	72	40	124

38. táblázat

A műtrágyázás és a meszezés kölcsönhatása az AL-K és AL-Mg tartalomra  
(Savanyú kötött barna erdőtalaj, tenyészedény kísérlet, Ragály)

Meszezés	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>AL-K mg/kg</b>						
<b>Meszezetlen</b>						
N <sub>0</sub>	308	252	252	252		266
N <sub>1</sub>	374	256	269	209	90	277
N <sub>2</sub>	698	435	288	335		438
N <sub>3</sub>	438	436	349	348		393
Átlag	454	345	289	286	45	344
<b>Meszezett</b>						
N <sub>0</sub>	288	240	213	164		226
N <sub>1</sub>	369	237	205	203	91	253
N <sub>2</sub>	520	261	263	230		318
N <sub>3</sub>	485	325	292	229		333
Átlag	416	265	243	207	45	283
<b>AL-Mg mg/kg</b>						
<b>Meszezetlen</b>						
N <sub>0</sub>	395	344	385	351		369
N <sub>1</sub>	368	336	325	298	84	332
N <sub>2</sub>	464	360	255	293		340
N <sub>3</sub>	413	296	248	331		322
Átlag	410	334	303	318	42	341
<b>Meszezett</b>						
N <sub>0</sub>	333	298	324	319		318
N <sub>1</sub>	395	258	255	244	59	288
N <sub>2</sub>	368	235	249	260		278
N <sub>3</sub>	324	280	225	219		262
Átlag	355	268	263	260	30	286

## 39. táblázat

A műtrágyázás és a meszezés kölcsönhatása a 6 leveles kukorica hajtásának elemtartalmára  
(Savanyú kötött barna erdőtalaj, tenyészedény-kísérlet, Ragály)

Meszezés	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
N %						
<b>Meszezetlen</b>						
N <sub>0</sub>	1.6	1.4	1.3	1.3		1.4
N <sub>1</sub>	3.3	2.0	2.1	2.1	.3	1.4
N <sub>2</sub>	4.2	3.1	2.8	3.0		3.3
N <sub>3</sub>	4.3	3.4	3.6	3.2		3.6
Átlag	3.4	2.5	2.5	2.4	.2	2.7
<b>Meszezett</b>						
N <sub>0</sub>	1.7	1.5	1.3	1.2		1.4
N <sub>1</sub>	3.6	2.2	2.2	2.1	.5	2.5
N <sub>2</sub>	4.3	3.0	2.7	3.0		3.3
N <sub>3</sub>	4.4	3.4	3.2	3.1		3.5
Átlag	3.5	2.5	2.4	2.3	.2	2.7
P %						
<b>Meszezetlen</b>						
N <sub>0</sub>	.14	.44	.74	.80		.53
N <sub>1</sub>	.10	.26	.44	.55	.10	.34
N <sub>2</sub>	.10	.25	.39	.56		.33
N <sub>3</sub>	.15	.26	.44	.60		.36
Átlag	.12	.30	.50	.63	.05	.39
<b>Meszezett</b>						
N <sub>0</sub>	.16	.38	.58	.70		.46
N <sub>1</sub>	.11	.25	.42	.48	.10	.31
N <sub>2</sub>	.10	.24	.35	.51		.30
N <sub>3</sub>	.14	.23	.32	.45		.28
Átlag	.13	.28	.42	.54	.05	.34

## 40. táblázat

A műtrágyázás és a meszezés kölcsönhatása a 6 leveles kukorica hajtásának elemtartalmára  
(Savanyú kötött barna erdőtalaj, tenyészedény-kísérlet, Ragály)

Meszezés	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>K %</b>						
<b>Meszezetlen</b>						
K <sub>0</sub>	3.0	1.4	2.1	2.1		2.1
K <sub>1</sub>	4.5	3.2	2.7	2.8	.4	3.3
K <sub>2</sub>	4.5	4.4	3.7	4.0		4.1
K <sub>3</sub>	5.0	4.6	4.0	4.2		4.4
Átlag	4.2	3.4	3.1	3.3	.2	3.5
<b>Meszezett</b>						
K <sub>0</sub>	2.6	1.2	1.3	1.3		1.6
K <sub>1</sub>	4.8	2.6	2.1	2.6	.4	3.0
K <sub>2</sub>	4.7	4.0	3.7	3.0		3.8
K <sub>3</sub>	5.2	4.6	3.8	3.7		4.3
Átlag	4.3	3.1	2.7	2.6	.2	3.2
<b>Ca %</b>						
<b>Meszezetlen</b>						
K <sub>0</sub>	.65	.54	.60	.59		.60
K <sub>1</sub>	.56	.40	.36	.38	.06	.42
K <sub>2</sub>	.45	.32	.40	.33		.28
K <sub>3</sub>	.59	.46	.18	.22		.36
Átlag	.56	.43	.38	.38	.03	.42
<b>Meszezett</b>						
K <sub>0</sub>	1.08	.82	.78	.78		.86
K <sub>1</sub>	1.02	.59	.57	.42	.10	.65
K <sub>2</sub>	.73	.47	.35	.34		.47
K <sub>3</sub>	.87	.41	.36	.33		.49
Átlag	.92	.57	.52	.46	.05	.62

## 41. táblázat

A műtrágyázás és a meszezés kölcsönhatása a 6 leveles kukorica hajtásának elemtartalmára  
(Savanyú kötött barna erdőtalaj, tenyészedény-kísérlet, Ragály)

Meszezés	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>Mg %</b>						
<b>Meszezetlen</b>						
N <sub>0</sub>	.25	.22	.22	.25		.24
N <sub>1</sub>	.36	.30	.31	.33	.07	.32
N <sub>2</sub>	.38	.33	.38	.36		.36
N <sub>3</sub>	.41	.34	.37	.39		.38
<b>Átlag</b>	<b>.35</b>	<b>.30</b>	<b>.32</b>	<b>.33</b>	<b>.03</b>	<b>.33</b>
<b>Meszezett</b>						
N <sub>0</sub>	.30	.25	.24	.18		.24
N <sub>1</sub>	.42	.38	.36	.38	.08	.39
N <sub>2</sub>	.48	.42	.44	.45		.45
N <sub>3</sub>	.43	.40	.46	.49		.45
<b>Átlag</b>	<b>.41</b>	<b>.36</b>	<b>.38</b>	<b>.38</b>	<b>.04</b>	<b>.38</b>
<b>Mn mg/kg</b>						
<b>Meszezetlen</b>						
N <sub>0</sub>	842	880	928	802		862
N <sub>1</sub>	1580	1118	1074	962	306	1184
N <sub>2</sub>	2454	1312	1324	1140		1558
N <sub>3</sub>	1992	1624	1641	1394		1663
<b>Átlag</b>	<b>1717</b>	<b>1233</b>	<b>1242</b>	<b>1074</b>	<b>153</b>	<b>1317</b>
<b>Meszezett</b>						
N <sub>0</sub>	178	169	188	190		181
N <sub>1</sub>	179	165	206	183	108	183
N <sub>2</sub>	280	181	155	179		199
N <sub>3</sub>	261	199	176	192		207
<b>Átlag</b>	<b>224</b>	<b>178</b>	<b>181</b>	<b>186</b>	<b>54</b>	<b>192</b>

## 42. táblázat

A műtrágyázás és a meszezés kölcsönhatása a 6 leveles kukorica hajtásának elemtartalmára  
(Savanyú kötött barna erdőtalaj, tenyészedény-kísérlet, Ragály)

Meszezés	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>Fe mg/kg</b>						
<b>Meszezetlen</b>						
N <sub>0</sub>	183	202	156	166		177
N <sub>1</sub>	281	226	210	273	44	244
N <sub>2</sub>	309	269	268	286		283
N <sub>3</sub>	299	261	272	295		282
<b>Átlag</b>	<b>268</b>	<b>240</b>	<b>226</b>	<b>255</b>	<b>22</b>	<b>247</b>
<b>Meszezett</b>						
N <sub>0</sub>	178	188	159	135		165
N <sub>1</sub>	271	216	231	195	32	228
N <sub>2</sub>	293	272	283	229		269
N <sub>3</sub>	364	328	280	268		310
<b>Átlag</b>	<b>276</b>	<b>251</b>	<b>238</b>	<b>207</b>	<b>16</b>	<b>243</b>
<b>Zn mg/kg</b>						
<b>Meszezetlen</b>						
N <sub>0</sub>	61	44	40	36		45
N <sub>1</sub>	88	44	45	48	18	56
N <sub>2</sub>	106	64	54	54		70
N <sub>3</sub>	96	76	77	67		79
<b>Átlag</b>	<b>88</b>	<b>57</b>	<b>54</b>	<b>51</b>	<b>9</b>	<b>62</b>
<b>Meszezett</b>						
N <sub>0</sub>	43	32	28	26		32
N <sub>1</sub>	76	34	34	29	8	43
N <sub>2</sub>	79	47	35	34		49
N <sub>3</sub>	90	52	41	37		55
<b>Átlag</b>	<b>72</b>	<b>41</b>	<b>35</b>	<b>31</b>	<b>4</b>	<b>45</b>

## 43. táblázat

A műtrágyázás és a meszezés kölcsönhatása a 6 leveles kukorica hajtásának elemtartalmára  
(Savanyú kötött barna erdőtalaj, tenyészedény-kísérlet, Ragály)

Meszezés	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>Cu mg/kg</b>						
<b>Meszezetlen</b>						
K <sub>0</sub>	9.8	6.4	9.8	10.9		9.2
K <sub>1</sub>	14.2	11.3	11.8	4.2	1.4	10.4
K <sub>2</sub>	7.2	4.2	4.1	3.2		4.7
K <sub>3</sub>	5.2	2.4	2.3	1.8		2.9
Átlag	9.1	6.1	7.0	5.0	0.7	6.8
<b>Meszezett</b>						
K <sub>0</sub>	4.3	3.4	2.8	2.7		3.3
K <sub>1</sub>	2.6	2.5	2.8	3.2	1.0	2.8
K <sub>2</sub>	4.0	3.6	3.4	4.4		3.9
K <sub>3</sub>	5.7	4.6	3.4	3.8		4.4
Átlag	4.1	3.5	3.1	3.5	0.5	3.6
<b>As mg/kg</b>						
<b>Meszezetlen</b>						
N <sub>0</sub>	4.6	5.5	5.0	7.3		5.6
N <sub>1</sub>	5.9	7.6	5.9	5.7	2.1	6.3
N <sub>2</sub>	5.7	7.9	5.0	7.1		6.4
N <sub>3</sub>	6.1	8.7	7.9	7.0		7.4
Átlag	5.6	7.4	6.0	6.8	1.1	6.4
<b>Meszezett</b>						
N <sub>0</sub>	3.3	3.9	3.8	4.0		3.8
N <sub>1</sub>	3.7	4.3	4.2	5.0	1.5	4.3
N <sub>2</sub>	4.2	3.8	4.3	5.0		4.3
N <sub>3</sub>	5.5	3.9	4.6	4.0		4.5
Átlag	4.2	4.0	4.2	4.5	0.8	4.2

## 44. táblázat

A műtrágyázás és a meszezés kölcsönhatása a 6 leveles kukorica hajtásának elemtartalmára  
(Savanyú kötött barna erdőtalaj, tenyészedény-kísérlet, Ragály)

Meszezés	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>S %</b>						
<b>Meszezetlen</b>						
K <sub>0</sub>	.11	.16	.17	.18		.16
K <sub>1</sub>	.17	.16	.18	.21	.06	.18
K <sub>2</sub>	.16	.22	.24	.28		.22
K <sub>3</sub>	.25	.20	.24	.28		.24
<b>Átlag</b>	.17	.18	.21	.24	.03	.20
<b>Meszezett</b>						
K <sub>0</sub>	.13	.15	.16	.14		.14
K <sub>1</sub>	.11	.10	.14	.16	.05	.13
K <sub>2</sub>	.11	.15	.14	.18		.14
K <sub>3</sub>	.11	.14	.14	.16		.14
<b>Átlag</b>	.11	.13	.15	.16	.03	.14
<b>Sn mg/kg</b>						
<b>Meszezetlen</b>						
K <sub>0</sub>	.38	.33	.49	.73		.48
K <sub>1</sub>	.15	.22	.35	.30	.27	.25
K <sub>2</sub>	.16	.26	.36	.35		.28
K <sub>3</sub>	.19	.34	.24	.31		.27
<b>Átlag</b>	.22	.29	.36	.42	.13	.32
<b>Meszezett</b>						
K <sub>0</sub>	.29	.14	.20	.20		.21
K <sub>1</sub>	.19	.12	.14	.23	.25	.17
K <sub>2</sub>	.19	.27	.18	.21		.21
K <sub>3</sub>	.07	.26	.26	.14		.18
<b>Átlag</b>	.18	.20	.20	.20	.13	.20

## 45. táblázat

A műtrágyázás és a meszezés kölcsönhatása a 6 leveles kukorica hajtásának elemtartalmára  
(Savanyú kötött barna erdőtalaj, tenyészedény-kísérlet, Ragály)

Meszezés	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>Se mg/kg</b>						
<b>Meszezetlen</b>						
K <sub>0</sub>	.89	.945	1.38	1.58		1.20
K <sub>1</sub>	.95	1.15	1.60	1.20	.68	1.22
K <sub>2</sub>	1.14	1.60	1.69	1.95		1.59
K <sub>3</sub>	1.08	1.05	.80	1.66		1.15
Átlag	1.01	1.10	1.37	1.9	.34	1.29
<b>Meszezett</b>						
K <sub>0</sub>	.30	.15	.17	.14		.19
K <sub>1</sub>	.68	.76	.72	.99	.42	.79
K <sub>2</sub>	.63	.95	.81	.94		.83
K <sub>3</sub>	.56	.79	.70	.96		.75
Átlag	.54	.66	.60	.76	.21	.64
<b>Sb mg/kg (Antimon)</b>						
<b>Meszezetlen</b>						
K <sub>0</sub>	29	27	28	27		28
K <sub>1</sub>	24	25	23	27		25
K <sub>2</sub>	20	24	27	28		25
K <sub>3</sub>	22	20	23	25		22
Átlag	24	24	25	27	3	25
<b>Meszezett</b>						
K <sub>0</sub>	23	22	20	18		21
K <sub>1</sub>	19	20	22	22	5	20

<b>K<sub>2</sub></b>	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>21</b>		<b>19</b>
<b>K<sub>3</sub></b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>22</b>		<b>19</b>
<b>Átlag</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>3</b>	<b>20</b>

File: nehezf00

46. táblázat

A műtrágyázás és a meszezés kölcsönhatása a 6 leveles kukorica hajtásának elemtartalmára  
(Savanyú kötött barna erdőtalaj, tenyészedény-kísérlet, Ragály)

Meszezés	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>Sr mg/kg</b>						
<b>Meszezetlen</b>						
<b>K<sub>0</sub></b>	<b>10.0</b>	<b>10.1</b>	<b>11.2</b>	<b>12.4</b>		<b>10.9</b>
<b>K<sub>1</sub></b>	<b>7.4</b>	<b>7.9</b>	<b>8.6</b>	<b>11.0</b>	<b>2.4</b>	<b>8.7</b>
<b>K<sub>2</sub></b>	<b>6.4</b>	<b>7.4</b>	<b>10.1</b>	<b>10.5</b>		<b>8.6</b>
<b>K<sub>3</sub></b>	<b>6.4</b>	<b>6.2</b>	<b>7.7</b>	<b>8.4</b>		<b>7.2</b>
<b>Átlag</b>	<b>7.5</b>	<b>7.9</b>	<b>9.4</b>	<b>10.6</b>	<b>1.2</b>	<b>8.8</b>
<b>Meszezett</b>						
<b>K<sub>0</sub></b>	<b>7.9</b>	<b>9.1</b>	<b>8.7</b>	<b>7.8</b>		<b>8.4</b>
<b>K<sub>1</sub></b>	<b>6.2</b>	<b>6.7</b>	<b>8.0</b>	<b>9.5</b>	<b>2.0</b>	<b>7.6</b>
<b>K<sub>2</sub></b>	<b>5.8</b>	<b>7.5</b>	<b>7.7</b>	<b>8.1</b>		<b>7.3</b>
<b>K<sub>3</sub></b>	<b>6.4</b>	<b>7.2</b>	<b>7.5</b>	<b>8.7</b>		<b>7.4</b>
<b>Átlag</b>	<b>6.6</b>	<b>7.6</b>	<b>8.0</b>	<b>8.5</b>	<b>1.0</b>	<b>7.6</b>
<b>Be mg/kg</b>						
<b>Meszezetlen</b>						
<b>K<sub>0</sub></b>	<b>.46</b>	<b>.47</b>	<b>.50</b>	<b>.51</b>		<b>.48</b>
<b>K<sub>1</sub></b>	<b>.37</b>	<b>.38</b>	<b>.44</b>	<b>.46</b>	<b>.08</b>	<b>.41</b>
<b>K<sub>2</sub></b>	<b>.32</b>	<b>.36</b>	<b>.49</b>	<b>.46</b>		<b>.41</b>
<b>K<sub>3</sub></b>	<b>.30</b>	<b>.31</b>	<b>.36</b>	<b>.39</b>		<b>.34</b>
<b>Átlag</b>	<b>.36</b>	<b>.38</b>	<b>.45</b>	<b>.45</b>	<b>.04</b>	<b>.41</b>

<b>Meszezett</b>						
<b>K<sub>0</sub></b>	<b>.56</b>	<b>.59</b>	<b>.55</b>	<b>.55</b>		<b>.56</b>
<b>K<sub>1</sub></b>	<b>.51</b>	<b>.53</b>	<b>.60</b>	<b>.65</b>	<b>.09</b>	<b>.57</b>
<b>K<sub>2</sub></b>	<b>.49</b>	<b>.51</b>	<b>.58</b>	<b>.61</b>		<b>.55</b>
<b>K<sub>3</sub></b>	<b>.49</b>	<b>.52</b>	<b>.53</b>	<b>.58</b>		<b>.53</b>
<b>Átlag</b>	<b>.51</b>	<b>.54</b>	<b>.56</b>	<b>.60</b>	<b>.05</b>	<b>.55</b>

File: nehezf00

47. táblázat

A műtrágyázás és a meszezés kölcsönhatása a 6 leveles kukorica hajtásának elemtartalmára  
(Savanyú kötött barna erdőtalaj, tenyészedény-kísérlet, Ragály)

Meszezés	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
<b>Te mg/kg</b>						
<b>Meszezetlen</b>						
<b>P<sub>0</sub></b>	<b>10.1</b>	<b>17.5</b>	<b>29.1</b>	<b>31.8</b>		<b>22.1</b>
<b>P<sub>1</sub></b>	<b>10.3</b>	<b>12.2</b>	<b>20.9</b>	<b>29.2</b>	<b>11.5</b>	<b>18.1</b>
<b>P<sub>2</sub></b>	<b>7.5</b>	<b>11.5</b>	<b>18.7</b>	<b>32.1</b>		<b>17.4</b>
<b>P<sub>3</sub></b>	<b>10.0</b>	<b>8.6</b>	<b>18.4</b>	<b>18.1</b>		<b>13.8</b>
<b>Átlag</b>	<b>9.5</b>	<b>12.5</b>	<b>21.8</b>	<b>27.8</b>	<b>5.6</b>	<b>17.9</b>
<b>Meszezett</b>						
<b>P<sub>0</sub></b>	<b>1.0</b>	<b>1.5</b>	<b>3.0</b>	<b>2.7</b>		<b>2.0</b>
<b>P<sub>1</sub></b>	<b>.9</b>	<b>1.1</b>	<b>1.4</b>	<b>2.1</b>	<b>1.0</b>	<b>1.4</b>
<b>P<sub>2</sub></b>	<b>1.6</b>	<b>1.4</b>	<b>1.3</b>	<b>2.0</b>		<b>1.6</b>
<b>P<sub>3</sub></b>	<b>1.2</b>	<b>1.4</b>	<b>1.4</b>	<b>1.3</b>		<b>1.3</b>
<b>Átlag</b>	<b>1.2</b>	<b>1.3</b>	<b>1.7</b>	<b>2.0</b>	<b>.5</b>	<b>1.6</b>
<b>Bi mg/kg</b>						
<b>Meszezetlen</b>						
<b>K<sub>0</sub></b>	<b>15.6</b>	<b>15.1</b>	<b>15.2</b>	<b>16.1</b>		<b>15.5</b>
<b>K<sub>1</sub></b>	<b>14.9</b>	<b>16.4</b>	<b>15.3</b>	<b>18.0</b>	<b>3.6</b>	<b>16.1</b>

<b>K<sub>2</sub></b>	<b>12.6</b>	<b>15.2</b>	<b>17.4</b>	<b>19.3</b>		<b>16.1</b>
<b>K<sub>3</sub></b>	<b>12.8</b>	<b>11.3</b>	<b>13.4</b>	<b>15.5</b>		<b>13.2</b>
<b>Átlag</b>	<b>14.0</b>	<b>14.5</b>	<b>15.3</b>	<b>17.2</b>	<b>1.8</b>	<b>15.2</b>
<b>Meszezett</b>						
<b>K<sub>0</sub></b>	<b>10.4</b>	<b>8.4</b>	<b>8.1</b>	<b>7.1</b>		<b>8.5</b>
<b>K<sub>1</sub></b>	<b>8.7</b>	<b>10.2</b>	<b>10.8</b>	<b>9.3</b>	<b>3.8</b>	<b>9.8</b>
<b>K<sub>2</sub></b>	<b>6.0</b>	<b>9.6</b>	<b>10.1</b>	<b>10.4</b>		<b>9.0</b>
<b>K<sub>3</sub></b>	<b>6.4</b>	<b>8.7</b>	<b>10.1</b>	<b>10.8</b>		<b>8.9</b>
<b>Átlag</b>	<b>7.9</b>	<b>9.2</b>	<b>9.7</b>	<b>10.0</b>	<b>1.9</b>	<b>9.0</b>

File: nehezf00

**48. táblázat**

**A műtrágyázás és a meszezés kölcsönhatása a 6 leveles kukorica hajtásának elemtartalmára  
(Savanyú kötött barna erdőtalaj, tenyészedény-kísérlet, Ragály)**

<b>Meszezés</b>	<b>N<sub>0</sub></b>	<b>N<sub>1</sub></b>	<b>N<sub>2</sub></b>	<b>N<sub>3</sub></b>	<b>SzD<sub>5%</sub></b>	<b>Átlag</b>
<b>Hg mg/kg</b>						
<b>Meszezetlen</b>						
<b>P<sub>0</sub></b>	<b>2.0</b>	<b>3.0</b>	<b>4.9</b>	<b>4.9</b>		<b>3.7</b>
<b>P<sub>1</sub></b>	<b>1.9</b>	<b>3.1</b>	<b>4.4</b>	<b>6.0</b>	<b>1.9</b>	<b>3.8</b>
<b>P<sub>2</sub></b>	<b>1.6</b>	<b>2.2</b>	<b>1.6</b>	<b>5.0</b>		<b>2.6</b>
<b>P<sub>3</sub></b>	<b>2.1</b>	<b>1.8</b>	<b>3.2</b>	<b>3.2</b>		<b>2.6</b>
<b>Átlag</b>	<b>1.9</b>	<b>2.5</b>	<b>3.5</b>	<b>4.8</b>	<b>0.9</b>	<b>3.2</b>
<b>Meszezett</b>						
<b>P<sub>0</sub></b>	<b>.6</b>	<b>.6</b>	<b>.8</b>	<b>1.5</b>		<b>.9</b>
<b>P<sub>1</sub></b>	<b>.5</b>	<b>.6</b>	<b>.6</b>	<b>.8</b>	<b>.6</b>	<b>.6</b>
<b>P<sub>2</sub></b>	<b>.7</b>	<b>.5</b>	<b>.6</b>	<b>.9</b>		<b>.7</b>
<b>P<sub>3</sub></b>	<b>.7</b>	<b>.7</b>	<b>.9</b>	<b>.7</b>		<b>.7</b>
<b>Átlag</b>	<b>.6</b>	<b>.7</b>	<b>.8</b>	<b>1.0</b>	<b>.3</b>	<b>.8</b>
<b>V µg/kg</b>						
<b>Meszezetlen</b>						
<b>P<sub>0</sub></b>	<b>7.5</b>	<b>13.3</b>	<b>11.3</b>	<b>13.4</b>		<b>11.3</b>

<b>P<sub>1</sub></b>	<b>11.8</b>	<b>15.6</b>	<b>19.6</b>	<b>21.0</b>	<b>5.1</b>	<b>17.0</b>
<b>P<sub>2</sub></b>	<b>10.0</b>	<b>13.0</b>	<b>15.4</b>	<b>19.0</b>		<b>14.3</b>
<b>P<sub>3</sub></b>	<b>11.2</b>	<b>11.0</b>	<b>15.2</b>	<b>19.3</b>		<b>14.2</b>
<b>Átlag</b>	<b>10.1</b>	<b>13.2</b>	<b>15.4</b>	<b>18.2</b>	<b>2.6</b>	<b>14.2</b>
<b>Meszezett</b>						
<b>P<sub>0</sub></b>	<b>4.4</b>	<b>6.7</b>	<b>8.5</b>	<b>10.9</b>		<b>7.6</b>
<b>P<sub>1</sub></b>	<b>8.0</b>	<b>7.3</b>	<b>6.2</b>	<b>6.8</b>	<b>3.7</b>	<b>7.1</b>
<b>P<sub>2</sub></b>	<b>6.5</b>	<b>7.0</b>	<b>7.7</b>	<b>8.4</b>		<b>7.4</b>
<b>P<sub>3</sub></b>	<b>6.8</b>	<b>7.4</b>	<b>8.5</b>	<b>7.3</b>		<b>7.5</b>
<b>Átlag</b>	<b>6.4</b>	<b>7.1</b>	<b>7.7</b>	<b>8.3</b>	<b>1.9</b>	<b>7.4</b>

File: nehezf00

49. táblázat

A műtrágyázás és a meszezés hatása a kukorica elemtartalmára  
(Savanyú kötött barna erdőtalaj, tenyészedény-kísérlet, Ragály)

Meszezés	N <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>	SzD <sub>5%</sub>	Átlag
Ni mg/kg						
<b>Meszezetlen</b>						
<b>K<sub>0</sub></b>	<b>4.1</b>	<b>5.0</b>	<b>5.7</b>	<b>5.6</b>		<b>5.1</b>
<b>K<sub>1</sub></b>	<b>6.0</b>	<b>5.0</b>	<b>6.2</b>	<b>5.9</b>	<b>2.0</b>	<b>5.8</b>
<b>K<sub>2</sub></b>	<b>5.4</b>	<b>6.5</b>	<b>5.3</b>	<b>6.9</b>		<b>6.0</b>
<b>K<sub>3</sub></b>	<b>4.6</b>	<b>4.5</b>	<b>4.3</b>	<b>5.0</b>		<b>4.6</b>
<b>Átlag</b>	<b>5.0</b>	<b>5.2</b>	<b>5.4</b>	<b>5.8</b>	<b>1.0</b>	<b>5.4</b>
<b>Meszezett</b>						
<b>K<sub>0</sub></b>	<b>1.0</b>	<b>.5</b>	<b>2.1</b>	<b>.5</b>		<b>1.0</b>
<b>K<sub>1</sub></b>	<b>1.7</b>	<b>1.7</b>	<b>1.2</b>	<b>1.7</b>	<b>1.4</b>	<b>1.6</b>
<b>K<sub>2</sub></b>	<b>1.2</b>	<b>1.8</b>	<b>2.2</b>	<b>2.5</b>		<b>1.9</b>
<b>K<sub>3</sub></b>	<b>1.5</b>	<b>3.2</b>	<b>2.2</b>	<b>1.9</b>		<b>2.2</b>

Átlag	1.3	1.8	1.9	1.6	.7	1.7
<b>Meszezetlen</b>						
B mg/kg	6.7	7.2	6.2	6.1	.9	6.6
Ba mg/kg	1.4	2.0	2.0	2.1	.8	1.9
Cd mg/kg	.02	.05	.07	.09	-	.06
Co mg/kg	.5	1.0	2.0	2.2	-	1.4
Li mg/kg	.2	.2	.2	.2	-	.2
Ti mg/kg	.5	1.0	1.2	1.7	-	1.1
Si mg/kg	11	8	16	8	-	11
Cr mg/kg	.8	2.0	1.5	1.4	-	1.4

Meszezetlenen Cd - méréshatár felett 39 adat, meszezetten 2 adat  
 Meszezetlenen Co - méréshatár felett 35 adat, meszezetten 8 adat  
 Meszezetlenen Li - méréshatár felett 17 adat, meszezetten 9 adat  
 Meszezetlenen Cr - méréshatár felett 21 adat, meszezetten 20 adat  
 Meszezetlenen Ti - méréshatár felett 39 adat, meszezetten 47 adat  
 Meszezetlenen Si - méréshatár felett 14 adat, meszezetten 25 adat

File: nehezf00

#### 50. táblázat

Különböző növényfajok fiatalkori hajtásának és a dohány felső leveleinek átlagos összetétele eltérő talajokon. 1989. évi adatok

Elem jele	Rozs	Triticale	Búza	Szója	Dohány levél sav. homokon	Kukorica savanyú vályogon
	Meszes homokon		Meszes csernozjomon			
1. N %	4.38	3.72	4.56	3.30	3.90	2.68
2. P %	0.55	0.43	0.35	0.29	0.26	0.39
3. K %	3.29	3.00	3.42	1.80	2.79	3.51
4. Ca %	0.68	0.45	0.76	2.06	0.97	0.42
5. Mg %	0.15	0.10	0.17	0.59	0.28	0.33
6. S %	-	-	-	-	-	0.20
7. Fe mg/kg	521	408	295	467	705	247
8. Mn mg/kg	91	102	149	130	660	1317

(Toxikus)

9. Zn	mg/kg	26	27	21	19	65	62	100-1500
10. Cu	mg/kg	8	7	10	8	17	7	20-100
11. B	mg/kg	12	7	-	41	26	7	75-300
12. Mo	mg/kg	-	-	0.03	0.4	-	-	1.0-400
13. As	mg/kg	0.1	x	-	-	-	6	3-70
14. Al	mg/kg	-	-	-	337	432	-	
15. Ba	mg/kg	38	30	-	11	22	2	500-1000
16. Be	mg/kg	0.4	0.3	0.2	-	-	0.4	5-25
17. Bi	mg/kg	1.1	0.6	-	-	-	15.2	
18. Cd	mg/kg	-	-	x	0.5	1.4	0.6	10-100
19. Co	mg/kg	-	-	0.02	0.6	2.4	1.4	1-100
20. Cr	mg/kg	0.01	0.02	1.72	1.2	13	1.4	1-30
21. Hg	mg/kg	x	x	0.01	-	-	3.2	1-6
22. Li	mg/kg	-	-	1.2	0.3	5	0.2	
23. Na	mg/kg	-	-	-	79	85	-	
24. Ni	mg/kg	-	-	2.2	1.6	4	5.4	10-150
25. Pb	mg/kg	-	-	0.04	-	-	-	15-300
26. Sb	mg/kg	-	x	-	-	-	25	
27. Se	mg/kg	0.2	0.01	-	-	-	1.3	10-200
28. Si	mg/kg	-	-	-	84	45	-	
29. Sn	mg/kg	6.7	3.4	-	-	-	0.3	1-60
30. Sr	mg/kg	7	7	14	65	101	9	
31. Te	mg/kg	1.2	1.1	-	-	-	17.9	
32. Ti	mg/kg	0.7	0.4	5.9	2.7	3.0	1.1	
33. V	mg/kg	x	x	-	0.3	0.3	14.2	7.4

x = méréshatár alatt

Méréseket végezte: Rozs, triticale, búza, kukorica - Debreceni NAA  
Szója és dohány - KÉE

#### 16. táblázat

Műtrágyák ásványi összetétele, 1988. (Peretrix gyári: N=4.45; K<sub>2</sub>O=14.25; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>=15.85 %), % vagy (mg/kg)

Minta neve	Al	Ca	Fe	K	Mg
Pétisó, 1982	(39)	6.79	(24)	(43)	(9)
Pétisó, 1988	(38)	3.81	(38)	(80)	2.37
Ammonitrát, 1985	(16)	0.03	(6)	(275)	(122)
Ammonitrát, 1989	(17)	0.17	(14)	(15)	(874)
Karbamid, 1986	(58)	0.01	(127)	(248)	(9)
Szuperfoszfát, 1983	0.24	-	0.35	0.18	(345)
Szuperfoszfát, 1988	0.24	-	0.33	0.18	(452)
Ammonizált szuperfoszfát	0.24	-	0.25	0.16	(503)
Savas szuperfoszfát	0.23	-	0.29	0.12	(218)
Ciklonfoszfát	0.31	6.78	0.39	0.09	0.27
Finifoszfát	0.36	6.35	0.24	0.14	0.36
Hyperfoszfát	0.86	5.80	0.51	0.25	0.35
Kolafoszfát	0.38	6.54	0.27	0.17	(338)
Nyersfoszfát	0.60	6.14	0.49	0.36	(591)
Foszforit	0.09	5.45	0.75	0.09	0.99
Termofoszfát	2.25		2.61	0.67	4.43
Arab Phos. Rock	0.07	6.75	0.10	(184)	0.12
NDK Thomasphosphat	0.55	5.71	9.09	(175)	1.02
Libanoni 3-as szuperf.	0.21	*	0.31	(494)	0.18
Peretrix-6	0.15	*	0.22	*	(353)

Holland 4196	0.31	1.25	0.25	0.10	(564)
Holland 4203	0.30	1.35	0.18	0.72	(558)
Norvég 4238	0.34	3.44	0.36	0.32	(587)
Norvég 4291	0.33	3.41	0.34	0.32	(624)
NSzK 4197	0.39	7.65	0.45	0.11	0.11
Kálisó, 1974	0.12	1.13	0.09	*	0.48
Kálisó, 1988	0.02	0.16	0.17	*	(406)

\* = Kimutathatósági határ (általában 10 %) felett ; - = Kimutathatósági határ alatt;

17. táblázat

A műtrágyák mikroelem szennyezettsége, mg/kg.  
Mintaelőkészítés: MTA TAKI, ICP analízis: Kertészeti Egyetem. (Kádár 1991)

Minta neve	As	B	Ba	Cd	Co	Cr
Pétisó, 1982	-	3	78	-	-	-
Pétisó, 1988	-	1	1	0.9	-	-
Ammonitrát, 1985	-	1	2	-	-	-
Ammonitrát, 1989	-	-	1	0.1	-	-
Karbamid, 1986	-	1	1	-	-	-
Szuperfoszfát, 1983	66	-	272	1.0	2.1	6
Szuperfoszfát, 1988	142	-	206	1.2	2.6	5
Ammonizált szuperfoszfát	1446	3	206	2.7	2.4	21
Savas szuperfoszfát	-	-	228	1.1	2.2	3
Ciklonfoszfát	-	50	40	22.5	1.0	241
Finifoszfát	-	35	39	40.5	0.9	230
Hyperfoszfát	-	20	85	29.8	2.0	323
Kolafoszfát	-	18	419	1.2	3.3	8
Nyersfoszfát	-	-	474	1.2	4.6	10
Foszforit	-	52	965	1.0	3.0	11
Arab Phos. Rock	-	143	338	11.5	0.5	160
NDK Thomasphosph.	-	-	26	101.8	4.4	1583
Libanoni 3-as szuperfoszfát	-	85	73	25.0	1.7	274
Peretrix-6	-	-	246	1.5	1.5	5
Holland 4196	-	1	71	2.5	1.5	78
Holland 4203	-	1	68	2.2	1.3	78
Norvég 4238	-	26	41	25.0	1.9	83
Norvég 4291	-	36	42	25.0	2.7	81
NSzK 4197	-	10	49	3.8	3.2	47
Kálisó, 1974	-	16.2	7	1.2	-	1
Kálisó, 1988	-	-	3	1.3	-	-
<b>Termofoszfát</b>	-	-	<b>303</b>	<b>22.3</b>	<b>16.9</b>	<b>267</b>

17a. táblázat

A műtrágyák mikroelem szennyezettsége, mg/kg  
Mintaelőkészítés: MTA TAKI, ICP analízis: Kertészeti Egyetem (Kádár 1991)

Minta neve	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Ti
Pétisó, 1982	-	2	-	-	-	16

Pétisó, 1988	-	2	-	-	-	1
Ammonitrát, 1985	-	-	-	-	-	1
Ammonitrát, 1989	-	1	-	-	-	1
Karbamid, 1986	-	2	-	1	-	1
Szuperfoszfát, 1983	0.6	182	-	1	12	332
Szuperfoszfát, 1988	0.9	201	-	1	14	406
Ammonizált szuperfoszfát	0.6	137	-	8	62	432
Savas szuperfoszfát	0.7	197	-	1	7	360
Ciklonfoszfát	1.9	24	5.7	112	12	31
Finifoszfát	2.5	21	1.1	14	-	40
Hyperfoszfát	3.9	65	0.4	33	13	142
Kolafoszfát	1.2	191	-	1	4	660
Nyersfoszfát	1.8	219	-	2	24	708
Foszforit	3.5	1225	-	5	12	84
Arab Phos. Rock	1.5	20	3.0	31	4	23
NDK Thomasphosph.	5.0	17648	-	-	14	1802
Libanoni 3-as szuperf.	1.5	62	4.2	46	-	54
Peretrix-6	0.5	141	-	2	6	221
Holland 4196	1.8	102	-	10	6	263
Holland 4203	1.9	96	-	11	4	266
Norvég 4238	0.7	73	-	14	7	45
Norvég 4291	1.0	71	-	13	6	52
NSzK 4197	1.0	190	2.0	10	8	84
Kálisó 1974	2.3	21	-	1	-	24
Kálisó 1988	0.6	18	-	1	-	3
<b>Termofoszfát</b>	<b>10.5</b>	<b>1348</b>	<b>-</b>	<b>209</b>	<b>-</b>	<b>1060</b>

## 2. táblázat

A talajok mikroelem-szennyeződésének mezőgazdasági forrásai, mg/kg (KABATA-PENDIAS és PENDIAS)

Elem	Szennyvíziszapok	Foszfor műtrágyák	Meszezőanyagok	N-műtrágyák	Ist
As	2-26	2-1 200	0.1-24	2.2-120	
B	15-1000	5-115	10	-	
Ba	150-4000	200	120-250	-	
Be	4-13	-	1	-	
Br	20-165	3-5	-	185-716	
Cd	2-1500	0.1-170	0.04-0.1	0.05-8.5	
Co	2-260	1-12	0.4-3	5.4-12	
Cr	20-40 600	66-245	10-15	3.2-19	
Cu	50-3 300	1-300	2-125	1-15	
F	2-740	8 500- 38 000	300	-	
Hg	0.1-55	0.01.1.2	0.05	0.3-2.9	
Mn	60-3 900	40-2000	40-1200	-	
Mo	1-40	0.1-60	0.1-15	1-7	
Ni	16-5300	7-38	10-20	7-34	
Pb	50-3000	7-225	20-1250	2-27	
Rb	4-95	5	3	-	
Se	2-9	0.5-25	0.08-0.1	-	
Sn	40-700	3-19	0.5-4	1.4-16	
Sr	30-360	25-500	610	-	
Te	-	20-23	-	-	

U	-	30-300	-	-
V	20-400	2-1600	20	-
Zn	700-49 000	50-1450	10-450	1-42
Zr	5-90	50	20	-

Több szerző alapján összeállítva

File: nehezfta

4. táblázat

Nehézfémet előfordulása műtrágyákban, mg/kg (ADRIANO 1986)

Műtrágya	Zn	Cu	Mn	B	Mo	Co	Cr
<b>Diammónium foszfát (20-48-0)<sup>a</sup></b>							
Vegyszer minőség	1.0	1.6	1	-	-	-	-
Idaho nyersfoszfátból	715	2.7	195	-	-	-	485
É. Karolina nyersfoszfátból	285	1.0	93	-	-	-	195
<b>Nyersfoszfát<sup>b</sup></b>	187	32	975	72	555	109	184
<b>Szuperfoszfát (0-16-0)<sup>b</sup></b>	165	15	890	132	335	77	87
<b>Triplefoszfát (0-45-0)<sup>b</sup></b>	418	49	75	212	270	47	392
<b>Diammónium foszfát</b>	112	7.2	307	396	75	16	80
<b>Folyékony műtrágyák (10-15-0)<sup>a</sup></b>							
Idaho nyersfoszfátból	673	1.1	125	-	-	-	344
É. Karolina nyersfoszfátból	500	1.4	25	-	-	-	175
<b>Urea (45-0-0)<sup>b</sup></b>	4	0.6	1	1	5	-	6
<b>Kalcium ammónium nitrát (25-0-0)<sup>b</sup></b>	8	2.8	25	9	56	7	8
<b>Ammónium szulfát (21-0-0)<sup>b</sup></b>	11	0.8	4	-	6	24	4
<b>Kálium klorid (0-0-60)<sup>b</sup></b>	10	3.1	4	16	26	22	13
<b>NPK keverék (12-12-12)<sup>b</sup></b>	88	18	132	61	200	51	116
<b>Apatit alapú szuperfoszfát<sup>c</sup></b>	-	-	-	-	10	-	20

<sup>a</sup>( Mortvedt and Giordano (1977)

<sup>b</sup>( Arora et al. (1975)

<sup>c</sup>( Ermolenko (1972)

File: nehezfta

6. táblázat

Különböző ökoszisztémák talajának mikroelem mérlege, g/ha/év (KABATA-PENDIAS és PENDIAS 1984)

(Első oszlop: bevétel atmoszférából; Második oszlop: veszteség kimosódással, növényi felvétellel)

Elem jele	Van Hook et al. (1977)		Hansen és Tjell (1978)		Zöttl et al. (1979)		Heindricks és Mayer (1977)		Tyler (1978, 1981)	
B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Be	-	-	-	-	0.3	5.6	--	-	-	-
Bi	-	-	-	-	-	-	0.4	0.2	-	-
Cd	21	7	3	0.3	4.5	1.4	13	9	2	5
Co	-	-	-	-	5.6	4.3	-	-	-	-
Cu	-	-	-	-	18	7	224	108	20	29
Cr	-	-	-	-	-	-	22	2	8	10
Fe	-	-	-	-	300	2000	1600	1900	2000	1300
Hg	-	-	-	-	-	-	0.4	0.2	-	-
Mn	-	-	-	-	70	430	200	6300	-	-
Ni	-	-	-	-	34	17	15	14	10	9
Pb	286	6	260	0.3	110	6	-	-	150	81
Sb	-	-	-	-	-	-	3	0.3	-	-
Zn	538	149	250	120	210	76	3900	1900	180	270

Van Hook et al. (1977): Savanyú könnyű vályog, dolomiton, lombos erdő, Tennessee (USA)

Hansen és Tjell (1978): Mezőgazdasági terület (Dánia)

Zöttl et al. (1979): Barna podzol, fenyőerdő, Fekete Erdő (NSzK)

Heindricks és Mayer (1977): Barna erdőtalaj, savanyú vályog, nyír és lucfenyő, Solling Hegység (NSzK)

Tyler (1978, 1981): Podzol, lucfenyő alatt, liziméter (Dél-Svédország)

Ruszkowska (1979): Podzol, könnyű vályog, liziméter és szabadföldi kísérlet, Pulawy, (Lengyelország)

Bublinieć (1981): Barna erdőtalaj, tölgyerdő, Zvolen (Cseh-Szlovákia)

File: nehezfta

## 9. táblázat

Nehézfém tartalom változása néhány szántóföldi növényben, mg/kg  
Irodalmi összeállítás

Növényfaj	As	Cd	Cr	Cu	Hg
Füvek	0.01-0.1 1.0-2.0	0.1-0.7 1-10	1.0-2.0 30-60	5-10	0.5-3.0
Silókukorica	0.01	0.2-4.0	1.5-3.0	5-20	-
Takarmányrozs	0.02	0.5-3.0	3.0-5.0	7-20	-
Lucerna	0.02	0.5-2.0	0.2-0.6	15-20	-
Kukorica szem	0.01	0.1-1.0	0.05-0.4	5-7	-
Búza szem	0.01	0.1-2.0	0.2-0.3	5-15	1.0
Árpa szem	0.2-2.0 0.01	0.4-0.8 0.2-0.7	20-140 0.3-0.4	7-10	0.006
Zab szem	0.2-0.4 0.01	0.3-0.8 0.2-1.0	25-50 0.2-0.4	6-9	0.1
Burgonya gumó	0.1-8 0.01	0.3-0.4 0.2-0.4	20-40 0.2-0.4	7-10	0.01
Cukorrépa	0.1-2 0.01	0.8-1.4 0.2-2	20-30 0.5-1.0	4-10	-

Szója szem	0.1 2-4	0.4-2 2-4	12-14 40-100	10-15	0.2-1.0
Átlagosan	0.01-0.1 1-4	0.5-2 0.5-3	0.1-2 30-100	6-15	0.1-0.5
g/t főtermésben	0.02 2	1 1	0.2 50	10	0.3
t/25.10 <sup>6</sup> t főtermésben	0.5 50	25 25	5.0 1250	250	7.5
Terhelés t/6.10 <sup>6</sup> ha	?	18-96	?	?	?

120

File: nehezfta

## 11. táblázat

A vizsgált kísérleti talajok szántott rétegének cc. HNO<sub>3</sub> + cc. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oldható elemtartalma, 1988.  
(Feltárást az MTA TAKI, a meghatározást a Kertészeti Egyetem ICP labor végezte)

Kezelés	Al	Ca	Fe	Mg	P	K	Li	Mn	Na	Ni	Pb
	%						mg/kg				
<b>Meszes vályog csernozjom, Nagyhörcsök</b>											
Kontroll	1.14	2.22	1.80	0.82	0.11	0.13	12	679	14	27	10
N	1.22	1.60	1.90	0.79	0.10	0.14	12	730	96	28	11
P	1.25	1.53	2.05	0.77	0.13	0.15	13	758	119	30	13
K	1.15	1.73	1.91	0.78	0.11	0.18	12	748	117	29	13
NPK	1.09	2.20	1.83	0.83	0.11	0.15	12	685	127	27	15
Átlag	1.17	1.80	1.91	0.79	0.11	0.15	12	726	107	28	13
CV %	7	28	7	9	10	15	5	6	48	5	18
<b>Savanyú homokos erdőtalaj, Nyírlugos</b>											
Kontroll	0.24	0.03	0.53	0.06	0.03	0.04	1.7	200	83	5.1	13
N	0.25	0.02	0.52	0.06	0.03	0.04	1.8	148	74	5.0	10
NP	0.24	0.03	0.50	0.06	0.04	0.03	1.7	160	56	5.9	10
NK	0.29	0.03	0.57	0.06	0.03	0.04	1.7	136	66	5.2	8
NPK	0.25	0.03	0.48	0.06	0.04	0.04	1.8	161	84	5.1	10
NPKCaMg	0.25	0.05	0.54	0.07	0.04	0.04	1.8	189	72	5.2	10
Átlag	0.25	0.03	0.53	0.06	0.03	0.04	1.7	161	69	5.3	9
CV %	23	21	20	4	11	8	8	12	33	27	42

## 13. táblázat

Hazai talajaink átlagos nehézfém tartalma a szántott, 0-30 cm-es rétegben, mg/kg, 1986.  
(Boldis Ottó adatai, HNO<sub>3</sub>-kioldás 0.5 M, ICP Debrecen)

Elem jele	HH	ABBE	CSBE	MCS	RCS	RT	ÖR	HHM	TCS
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cd	0.09	0.11	0.17	0.19	0.18	0.54	0.22	0.09	0.18
Pb	3.34	6.10	6.54	4.24	4.93	8.15	7.81	3.43	4.13
Ni	2.74	3.65	4.35	4.37	8.04	8.51	6.44	2.23	3.82
Hg	0.14	0.18	0.42	0.31	0.48	0.57	0.59	0.11	0.33
Se	0.46	0.10	0.45	0.71	0.30	0.36	0.44	0.57	0.80
Mo	0.12	0.07	0.14	0.14	0.12	0.13	0.12	0.13	0.15
Cu	7.26	5.17	5.28	4.58	6.41	12.76	9.35	9.77	4.42
Cr	0.01	0.07	0.03	0.01	0.03	0.02	0.05	0.003	0.003
Co	1.15	2.39	2.57	2.61	3.43	3.58	3.64	1.17	2.45
B	1.37	1.51	2.50	3.28	4.45	4.32	3.80	1.57	3.29
Zn	4.01	5.31	5.22	5.32	6.85	13.79	12.04	4.62	5.16
Fe	224	789	475	273	516	1280	1196	196	238
Mn	117	184	207	221	272	183	210	125	212
Al	503	1162	1273	1203	1630	1714	1502	489	1113

Megjegyzés: Boldis Ottó 1988. V. 9-én, a MTESZ székházban elhangzott előadása alapján  
A sorszám szerinti talajtípus megnevezését lásd a 14. táblázatban  
1-10 lásd a 14. táblázat talajtípusait

\*Kloke (1980) szerint

## 22. táblázat

A fiatal szója növények összes elemtartalma cc. HNO<sub>3</sub> feltárásból (Feltárás: MTA TAKI, ICP analízis:  
KÉE)  
Meszes csernozjom talaj, Nagyhörösök

Kezelés	Al	B	Ba	Ca	K	Mg	P	Li	Co	Fe
	mg/kg			%						
Kontroll	Földfeletti növény 20-30 cm magasságban, 1988. VI. 27.									
	285	47	7.9	2.2	1.2	0.68	0.23	0.24	0.32	498

N	366	41	9.8	2.1	1.3	0.71	0.23	0.28	0.38	453
P	318	50	13.4	2.4	1.1	0.81	0.37	0.27	0.32	485
K	323	34	11.3	1.8	2.5	0.38	0.23	0.21	0.38	458
NPK	359	37	11.5	1.9	2.5	0.42	0.37	0.35	0.33	460
SzD <sub>5%</sub>	140	8	5.7	0.2	0.2	0.10	0.12	-	-	73
Átlag	337	41	10.8	2.1	1.8	0.60	0.29	0.27	0.35	467
Földfeletti növény virágzás előtt, 1988. VII. 25.										
Kontroll	105	37	8.1	1.4	2.0	0.37	0.15	x	x	302
N	161	45	5.7	1.7	0.9	0.63	0.16	x	x	290
P	309	50	6.7	2.0	1.0	0.67	0.25	x	x	290
K	195	39	10.8	1.7	1.8	0.39	0.17	x	x	276
NPK	284	38	9.8	1.7	1.8	0.46	0.32	x	x	205
SzD <sub>5%</sub>	259	7	3.3	0.2	0.3	0.09	0.07	-	-	145
Átlag	227	43	8.2	1.8	1.4	0.50	0.21	x	x	268

x = méréshatár alatt

File: nehezfta

23. táblázat

A fiatal szója növények összes elemtartalma cc. HNO<sub>3</sub> feltárásból (Feltárás: MTA TAKI, ICP analízis: KÉE)

Meszes csernozjom talaj, Nagyhörcsök

Kezelés	Al	B	Ba	Ca	K	Mg	P	Li	Co	Fe
	mg/kg			%						
Szem aratáskor, 1988. X. 25.										
Konroll	85	39	1.7	0.29	1.8	0.23	0.50	x	0.34	152
N	155	33	1.8	0.26	1.6	0.22	0.40	x	0.41	120
P	104	39	1.9	0.29	1.9	0.23	0.64	x	0.68	172
K	111	35	2.3	0.27	1.9	0.23	0.48	x	0.78	127
NPK	106	34	2.2	0.29	1.8	0.24	0.57	x	0.40	204
SzD <sub>5%</sub>	65	5	0.5	0.02	0.2	0.02	0.20	-	-	100
Átlag	117	35	2.0	0.28	1.8	0.23	0.52	x	0.52	156
Szár aratáskor, 1988. X. 25.										
Kontroll	404	28	8	1.6	0.6	0.64	0.04	0.47	0.40	712
N	591	29	11	1.3	0.6	0.52	0.07	0.75	0.58	667
P	464	33	13	1.7	0.7	0.70	0.16	0.50	0.42	595
K	418	29	17	1.4	1.1	0.49	0.08	0.54	0.40	779
NPK	471	32	13	1.4	1.1	0.50	0.16	0.60	0.38	679
SzD <sub>5%</sub>	357	6	9	0.3	0.3	0.10	0.08	0.48	-	271

Átlag 480 31 13 1.5 0.9 0.57 0.10 0.57 0.44 682

x = méréshatár alatt

File: nehezfta

32. táblázat

A 6 leveles kukorica két növedékének összegzett termése, légszáraz hajtás, g/edény, Ragály

NK	P0	P1	P2	P3	Átlag	P0	P1
Meszezetlen							
00	4	7	4	4	5	7	8
10	6	21	21	20	17	7	20
20	3	16	19	19	14	5	20
30	4	12	8	9	8	4	17
Átlag	4	14	13	13	11	6	16
01	4	4	4	4	4	4	6
11	5	30	26	26	22	4	32
21	4	26	34	31	24	5	33
31	4	17	38	36	24	4	30
Átlag	4	20	26	24	18	4	25
02	2	14	3	25	11	4	13
12	3	26	31	34	24	5	32
22	3	25	43	24	24	5	33
32	3	21	25	31	20	5	28
Átlag	3	21	26	28	20	5	27
03	2	4	5	8	5	5	8
13	5	30	32	36	26	6	36
23	4	28	43	37	28	4	38
33	3	22	36	36	24	4	35
Átlag	4	21	29	29	21	5	29

SzD<sub>5%</sub>: Az N, P vagy K főátlagok (4-4 adat) között 2.2  
 Az NP, NK vagy PK adatok (16-16 db) között 4.4  
 Az egyes kombinációk (64-64 adat) között 8.8

File: nehezfta

51. táblázat

Főbb kultúrnövényeink átlagos ásványi összetétele. Áttekintő táblázat. ICP analízisek HCl hidrolízisből (MTA TAKI tartamkísérletei, kísérleti állomásai eredményei alapján)

Elemek	Rozs			Triticale			Búza			Búza		Lu
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2	3	

		meszes homok			meszes homok			meszes vályog			meszes vályog	
1. N	%	4.38	1.95	0.56	3.72	2.21	0.48	4.56	2.15	0.46	2.10	0.48
2. P	%	0.55	0.40	0.08	0.43	0.43	0.05	0.35	0.35	0.05	0.32	0.10
3. K	%	3.29	0.49	0.87	3.00	0.50	0.96	3.42	0.44	0.90	0.31	0.77
4. Ca	%	0.68	0.03	0.20	0.45	0.03	0.25	0.76	0.05	0.27	0.04	0.22
5. Mg	%	0.15	0.09	0.08	0.10	0.11	0.06	0.17	0.12	0.07	0.13	0.06
6. S	%											
7. Fe	mg/kg	521	31	131	408	28	190	295	37	96	53	154
8. Mn	mg/kg	91	30	30	102	29	43	149	35	28	54	41
9. Zn	mg/kg	26	23	8	27	25	8	21	18	5	25	8
10. Cu	mg/kg	8	4	4	7	4	4	10	5	3	6	3
11. B	mg/kg	12	3	5	7	1	5	-	-	-	1	2
12. Mo	mg/kg	0.4	x	x	x	x	x	0.03	0.03	0.03	-	-
13. As	mg/kg	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-
14. Al	mg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	97	71
15. Ba	mg/kg	38	9	7	30	7	91	-	-	-	3	31
16. Be	mg/kg	0.39	0.02	0.20	0.30	x	0.22	0.02	x	x	-	-
17. Bi	mg/kg	1.12	0.09	0.63	0.6	0.10	0.66	-	-	-	-	-
18. Cd	mg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	0.35
19. Co	mg/kg	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x
20. Cr	mg/kg	0.01	x	x	0.02	-	-	1.72	0.07	0.07	x	x
21. Hg	mg/kg	x	x	x	x	x	x	0.01	x	x	x	x
22. Li	mg/kg	0.6	x	x	-	-	-	1.21	0.05	0.09	x	x

File: nehezfta

51. táblázat folytatása

Főbb kultúrnövényeink átlagos ásványi összetétele. Áttekintő táblázat folytatás

Elemek	Rozs			Triticale			Búza			Búza		Lu
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2	3	
23. Na	mg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	88	117
24. Ni	mg/kg	1.6	x	x	-	-	-	2.16	0.11	0.18	0.5	x
25. Pb	mg/kg	-	-	-	-	-	-	x	x	x	x	x
26. Sb	mg/kg	-	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-
27. Se	mg/kg	x	x	x	0.01	x	x	-	-	-	x	x
28. Si	mg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	206
29. Sn	mg/kg	6.7	4.8	3.8	3.4	7.6	6.3	-	-	-	-	-
30. Sr	mg/kg	7.3	0.6	6.1	7.3	0.3	7.4	14.0	4.3	11.4	2	14
31. Te	mg/kg	1.2	0.7	0.7	1.1	0.9	1.0	-	-	-	-	-
32. Ti	mg/kg	0.7	x	0.3	0.4	x	0.7	5.9	x	0.7	x	0.9
33. V	mg/kg	-	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-
34. Ga	mg/kg											
1. As	µg/kg	78	50	30	32	34	32	-	-	-	-	-
2. Be	µg/kg	-	-	-	-	-	-	162	15	49	-	-
3. Cd	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Co	µg/kg	-	-	-	-	-	-	43	4	4	-	-
5. Cr	µg/kg	75	15	25	-	-	-	175	6	14	-	-

6. Hg	µg/kg	30	3	1	8	3	1	80	x	x	-	-
7. Mo	µg/kg	-	-	-	-	-	-	295	340	160	-	-
8. Pb	µg/kg	-	-	-	-	-	-	402	79	79	-	-
9. Sb	µg/kg	-	-	-	11	1	8	-	-	-	-	-
10. Se	µg/kg	24	19	6	x	24	8	-	-	-	-	-
11. V	µg/kg	21	3	7	18	4	9	-	-	-	-	-

Rozs, triticales, búza: 1 - bokrosodás végén hajtás; 2 - szem; 3 - szalma

Dohány: 1 - felső levelek VIII. 1-jén; 2 - alsó levelek VIII. 1-jén

Kukorica: 6 leveles hajtás a meszezetlen (1) és a meszezett (2) átlagai

Lucerna: széna bimbózáskor