# A MESZEZÉS HATÁSA A TERMÉS, ILLETVE A TALAJ MINŐSÉGÉRE ÉS ENNEK VIZSGÁLATA ICP-VEL

Lőrincz Attila

## Bevezetés

A mezőgazdasági termékek mennyisége iránti igény az utóbb évtizedekben megtöbbszöröződött. A rendszerváltás előtt a keleti blokk éléstára voltunk, így a területegységről fajlagosan lekerült termények egyre nagyobb arányú növekedésére volt szükség. Erre az igényre a megoldás az úgynevezett intenzív növénytermesztés volt. Ez azt jelentette, hogy hatalmas inputokkal voltak kénytelenek a termés mennyiséget fenntartani, és növelni. Mivel azonban biológiai termelőeszközről van szó, egységnyi befektetésére a hasznosulás növekedés nem minden termelési szinten ugyanakkora. Kezdetben egységnyi ráfordításra jóval nagyobb hozamnövekmény érhető el, mint a magas hozamszinten végrehajtott egységnyi ráfordításra, ez a csökkenő határhozam. Ez nem csak a gazdaságossági szempontok miatt volt nagyon káros, hanem a termék minősége szempontjából is. Mivel a terményekben rengeteg káros anyag halmozódott fel, és nem csak a terményekben, hanem a földekben is.

A rendszerváltás után azonban ez a helyzet egyszerre a visszájára fordult. A vadkapitalizmus ötvözése a minőségszemlélettel azt eredményezte, hogy gyakorlatilag a „szélsőséges" esetektől eltekintve nem végeztek talajerő visszapótlást és védekezést a kártevők és kórokozók ellen. Ez egyébként nem csak a pénztelenség és a profit reményének volt tulajdonítható, hanem a hozzá nem értésnek is a kárpótlás után. Mégis ez a tény most már majd egy évtized elteltével a talajok fizikai és kémiai tulajdonságainak degradációjához vetetett.

Az a tény hogy ezt az állapotot ma a „minőségi termelés" kifejezés mögé próbálják rejteni szomorúságra ad okot. Ma 2001-ben a biotermék azt jelenti hogy azon a helyen ahol a terméket előállították nem volt pénze a termelőnek növényvédelemre, és talajerő visszapótlásra. Ez persze hamis idea, mert a növény, ha nem védekeznek például a gombabetegségek ellen, a mikotoxinok sorát tartalmazhatja, stb. Az Európai Unió országaiban a biotermék azt jelenti, hogy egy erre szakosodott bizottság által kidolgozott és elfogadott termelési technológia szerint előállított termékről van szó. Hazánkban a Megyei Növény-egészségügyi és Talajvédelmi Állomások és e mellett lokális és regionális laboratóriumok végeznek talajvizsgálatokat. A rutinszerű növényi elemanalízis Magyarországon még nem elterjedt. A talajvizsgálatok célja, hogy a talaj tápelem ellátottságát, valamint a tápanyag szolgáltató képességét meghatározza. A vizsgálatok eredményéből többféle modell segítségével előirányozható, majd elvégezhető a tápanyag visszapótlás. A talajvizsgálati laboratóriumok ma Magyarországon az elemanalízis céljára általában atomabszorpciós (láng-, és grafitkemencés) analitikai berendezéseket használnak.

Az elemanalízis multielemes eljárásként használható az induktív csatolású plazma optikai emissziós (ICP-OES) módszer. Ez a módszer, bár az anyagi bekerülése és a fenntartása tekintetében drágább az általánosan alkalmazott módszereknél, mégis az egy vizsgált elemre vetített vizsgálati költségei alacsonyabbak, ezért hosszú távon érdemesebb ezt az eljárást alkalmazni. A vizsgálatok érzékenységét (kimutatási határát) tekintve, egyes elemekre érzékenyebb, még másokra kevésbé érzékeny az ICP-OES módszer az általánosan alkalmazott eljárásokhoz képest. Megállapítható, hogy az ICP-OES módszer komplex tulajdonságait figyelembe véve alkalmas a mezőgazdasági elemanalízisek elvégzésére. Ezeket a tulajdonságait figyelembe véve egyre nagyobb mértékben terjed az ICP-vel végzett elemanalízis a mezőgazdaságban.

Dolgozatom témája, hogy a talaj tápelem ellátottságát alapul véve, a talaj tápelem szolgáltató képességét befolyásolva meghatározzam, miként változik a növények tápelem háztartása, illetve a talaj tápelem készlete. A talaj tápanyag szolgáltató képességét alapvetően a talaj kémhatása határozza meg. Ez határozza meg a tápelemek mobilizálódását (feltáródását), illetve immobilizációját (lekötődését). Magyarország talajainak majdnem 50%-a savanyú kémhatású. Ezeken a talajokon a tápelemek feltáródása kedvezőtlen irányú, hiába van megfelelő mennyiségű

tápelem a talajban. Egyes tápelemek felvehetetlenné vállnak a növények számára, így hiánybetegségek lépnek fel, amelyből kifolyólag drasztikusan csökken a termés mennyisége, minősége és akár teljes növénypusztulás is felléphet. Más tápelemek esetében viszont ennek az ellenkezője, nagyobb mennyiségben a növényre vagy a végfogyasztó emberre toxikus elemek mobilizálódnak.

Látható, hogy a talaj tápanyag szolgáltató képességének mind anyagi, mind élelmiszer-minőségbiztosítási vetületei vannak. Ezért a megoldásnak egyszerűnek, gyorsnak, olcsónak és radikálisnak kell lennie. Régóta alkalmazott módszer a talaj kémhatásának befolyásolására használt meszezés. Azonban mint az irodalmi áttekintésből is kiderül, bár látszólag körüljárt témáról van szó, mégis vannak nem elhanyagolható homályos foltok. Ilyenek többek között a talajok kémhatásának köszönhető globális pozitív tápelem feltáródási hatások mellett, egyes esszenciális elemek (Cu, Zn) immobilizációja.

Vizsgálataim célja:

1. 1. A meszezés és a termény sütőipari értékmérő tulajdonságainak összefüggés vizsgálata.
2. 2. A meszezés és a növényi tápelem-tartalom változásának összefüggés-vizsgálata.
3. 3. A meszezés előtti talajvizsgálati eredmények, meszezés utáni talajvizsgálati eredmények és a termény lekerülése utáni talajvizsgálati eredmények összehasonlító értékelése.

## Irodalmi áttekintés

*Pokol és Sztatisz* (1999) alapján az atomspektroszkópiai módszerekre jellemző, hogy a szabad atomok és szabad ionok elektrongerjesztéséből származó, viszonylag éles atomspektrum hordozza az információt. Szobahőmérsékleten csak a nemesgázokban és a higanygőzben találunk szabad atomokat. Ezért a többi anyagot az atomspektoszkópiai módszerekkel történő vizsgálatokhoz atomizálni kell, és a vizsgálat időtartama alatt szabad atomos állapotban kell tartani. A szabad atomos állapotot termikus, kémiai átalakulás láncokon végbemenő és ionbombázásos módszerekkel hozzák létre. A módszerek segítségével létrejön a szabad atomok termikus, illetve elektronütköztetéses ionizációja és a szabad atomok elektrongerjesztése is. Az analitikai információ származhat a termikusan vagy elektronütköztetéssel gerjesztett szabad atomok vagy szabad ionok spontán fotonemissziójából (atomemissziós módszer), a szabad atomok fotonabszorpciójából (atomabszorpciós módszer) és a szabad atomok fotonokkal történt gerjesztését követő fluoreszcenciából (atomfluoreszcenciás módszer). Az atomizálásért felelős berendezéseket atomforrásnak nevezzük. Ha az atomforrás maga végzi az elektrongerjesztést is, akkor sugárforrásról van szó. Az atomspektrumok diszkrét vonalas jellege és jellegzetes struktúrái adtak alapot arra a megfigyelésre, hogy az atomok közötti kölcsönhatásban kvantáltság mutatkozik és ezek a megfigyelések, vezettek a diszkrét elektronpályákat tartalmazó atommodellek kidolgozásához, ezután pedig a ma is elfogadott kvantummechanikai modellhez is. Az optikai spektroszkópia ultraibolya, látható és közeli infravörös tartományában az atomspektrumok a külső elektronhéj elektronjainak gerjesztésére vezethetők vissza. Mivel a szabad atomok kvantált energiaszintjei viszonylag jól elkülönülnek, ezért az atomspektrumok vonalas jellegűek. Az alapállapotból kiinduló gerjesztést rezonancia-gerjesztésnek, a vonalat rezonancia-vonalnak nevezik. Az atomspektrumok viszonylag egyszerűek, mert a számított átmenetek nagy része tiltott, tehát csak speciális körülmények között észlelhető átmenet. A kvantummechanikai modellek alapján elképzelhető energiaátmenetek közül csak a kiválasztási szabályok alkalmazásával választhatjuk ki a megengedett, vagy a megfelelő átmeneteket. A kísérletileg észlelt atomvonalak véges szélességűek, ami azt jelenti, hogy a gerjesztett állapot véges élettartamú. Ez pedig az atomok mozgásából adódó Doppler effektusra és az ütközésekre vezethető vissza. Fontos hogy az atomspektrumok vonalainak hullámhossza az adott atom elektronpálya-energia értékeiből vezethető le, amiből a hullámhosszak nagy megbízhatósága adódik. Az elektronok energiaállapotát a következő kvantumszámokkal jellemezzük. Ezek a fő kvantumszám, mellék kvantumszám, pálya mágneses kvantumszám és a spin mágneses kvantumszám. A teljes atom energiaállapotát az eredő kvantumszámokkal jellemezhetjük. Ezek az eredő pálya impulzusnyomaték kvantumszám, eredő

pálya mágneses kvantumszám, eredő spin kvantumszám, eredő spin mágneses kvantumszám, eredő belső kvantumszám és az eredő belső mágneses kvantumszám.

Az atom emissziós sugárforrások a minta komponenseit szabad atomokra, ionokra bontják, az atomokat, ionokat gerjesztik és a gerjesztett részecskék spontán foton emissziója, ami hordozza az analitikai információt. Tehát a termikus sugárforrásokban nagy hőmérsékletű közeg párologtatja el, és atomizálja a mintát, valamint a gerjesztés is ugyan abban a közegben történik ütközéses energiaátadással. A termikus sugárforrások csoportjába tartozik az induktív csatolású plazma (ICP), különböző lángok az egyenáramú ívkisülés és a nagyfeszültségű szikrakisülés. A nem termikus sugárforrások lényege hogy kisnyomású nemesgázban, elektromos erőtérben létrehozott nagy energiájú pozitív ionokkal ($Ar^+$, $Ne^+$) bombázzák a katódként kapcsot, fém mintát és a katódporlasztással előállított szabad atomokat nagy energiájú elektronokkal, ionokkal gerjesztik. Nem termikus sugárforrás a sík katódos glimmlámpa, üregkatódos glimmlámpa (ezt használják legtöbbször vonalas spektrumú fényforrás lévén az atomabszorpciós műveletekben).

Az induktív csatolású plazma sugárforrás a legszélesebb körben alkalmazott emissziós sugárforrás oldatok elemzésére. Az Ar-Ar-ICP-ben a plazmát argongáz alkotja és a minta bevitele is argon gázban történik. A plazmát az ionizált argongázba bevitt 0,8 - 1,5 kW rádiófrekvenciás energia hozza létre és tartja fenn folyamatosan. A generátorok 27,12 MHz vagy 40,68 MHz ipari frekvencián dolgoznak. A plazmaégőt kvarc csövekből alakítják ki, amit a rádiófrekvenciás generátorhoz csatolt 2-4 menetes indukciós tekercsbe helyeznek. A plazmaégőt három elkülönített argon gázárammal táplálják, melyek közül a külső argon (8-15 l/min), alkotja a plazmát, a belső argon (0,5 - 1,2 l/min), ebbe viszik be a mintát és a közbülső argon (0-3 l/min) segéd plazmaként szolgál. A plazma begyújtására a következő módon kerül sor: külső argongáz áramlását megindítják, a közbülső és a belső argongáz áramlását lezárják, a rádiófrekvenciás áramot 500-600 W teljesítménnyel rákapcsolják az indukciós tekercsre, az indításhoz a megfelelő maximális visszavert teljesítményre kell hangolni. A külső argongázt a bevezető csonkra irányított szikra kisüléssel részlegesen ionizálják, a keletkezett elektronok és argon ionok energiát vesznek fel a rádiófrekvenciás mezőből és kialakul a plazma állapot. Ezután beállítják a szükséges teljesítményt, beszabályozzák a közbülső és belső argongáz áramlási sebességét, majd minimális visszavert teljesítményre kapcsolnak. A plazma gyűrű szerkezetű, az analitikai zóna hőmérséklete 6500-8000 °K. A plazmát 80-90%-ban ionizált argongáz és elektronok alkotják. A rádiófrekvenciás energiát az elektronok és az ionok veszik fel a rádiófrekvenciás mezőből, ami biztosítja a plazma stacioner állapotát. Ha az elektronok és az ionok mennyisége valamilyen okból egy bizonyos szint alá csökken, például ha nagy szerves anyag tartalmú anyag kerül a plazmába, akkor a plazma kialszik. A plazmának viszonylag nagy az elektron koncentrációja, és viszonylag kicsi az oxigén koncentrációja. Az hogy kicsi az oxigénkoncentráció, a fémionok disszociációját segíti. A minta belépés lineáris sebessége kb. 1-2 m/s. Az elporlasztott oldat mintát, nedves vagy száraz aeroszol formában a plazma közepébe visszük be, megfelelő lineáris sebességgel áramló argongáz segítségével. Ez megnyitja a plazma külső felületén áramló réteget. A mintagázzal létrehozott csatornában, kezdetben a hőmérséklet alacsony, majd fokozatosan felveszi a környező plazma hőmérsékletét. Az analitikai információt hordozó optikai sugárzás leképezhető sugárirányban és tengelyirányban. A plazma optikai sugárzásában a folytonos, sávos és a vonalas spektrumrészek összegződnek. A folytonos spektrumrész a plazma-alapfolyamatoktól, a sávos spektrumrész a plazmában található molekuláktól, gyököktől (OH, NO, NH, stb.) és a mintakomponensekből keletkező stabil oxidoktól, míg a vonalas spektrumrész az argon atomoktól és a mintában keletkező atomoktól és ionoktól származtatható.

A sugárforrásba porlasztásos módszerrel visszük be a mintát. A porlasztás során az egyik gázba, lángoknál a nagyobb térfogati sebességű, égést tápláló gázba, ICP esetében az argongáz egyik részáramában diszpergáljuk az oldat mintát, és a keletkező apró oldatcseppekből álló, finom eloszlású aeroszolt, a gázok szállítják a forrásba. A finom cseppméret (<10 μm ) fontos az aeroszol stabilitása miatt és azért is, hogy a forrásban biztosított legyen a fizikai és kémiai átalakulások nagy sebessége. A forrásba állandó sebességű mintabevitellel tudunk a minta koncentrációjával arányos, stacioner koncentrációt, és így állandó analitikai jelet elérni. Általában egyszerűbb pneumatikus

porlasztót alkalmaznak, de vannak egyes feladatok, amelyek elvégzéséhez az ICP készülékhez ultrahangos porlasztást alkalmaznak. A porlasztás energia befektetést igénylő folyamat. Pneumatikus porlasztásnál az energiát a nagy sebességgel áramló gázsugár, ultrahangos porlasztásnál pedig a nagy frekvenciával rezgő felület biztosítja. A porlasztókat két felfogás szerint csoportosíthatjuk, az egyik szerint a direkt porlasztók, ahol a pneumatikus porlasztó által előállított primer aeroszol közvetlenül a nagy hőmérsékletű térbe jut, a másik alapja az indirekt porlasztás, amikor a porlasztó által előállított primer aeroszol a keverést és a nagy cseppek leválasztását szolgáló porlasztókamrán áramlik keresztül, és csak a kamrát elhagyó szekunder aeroszol jut a sugárforrásba. A porlasztó kapillárisának külső átmérője kb. 1 mm, a belső átmérője pedig kb. 0,7 mm. A folyadék kapilláris vége a gáz kapillárisban helyezkedik el és egy Venturi szakaszt formál. A porlasztógáz a Venturi-szakaszban közel hangsebességet ér el és kb. 0,5 - 0,6 bar nyomásesést hoz létre. A nyomásesés, mint hajtóerő hatására a porlasztó egy adott sebességgel szívja és így áramoltatja a mintaoldatot. A kapilláris végén a kilépő folyadék találkozik a nagy sebességű gázzal, ami a folyadéksugarat cseppekre bontja, porlasztja, és kialakítja a primer aeroszolt. A porlasztást segítik az itt kialakult nyomáshullámok is. A porlasztó a porlasztókamrába illeszkedik. A porlasztókamra fő feladata a primer aeroszol cseppméret-eloszlásának módosítása és a minta aeroszol keverése, homogenizálása. A porlasztókamrában a nagyobb cseppek leválasztása ülepedéssel és ütközéssel történik, amit a kamra ütközőfelülete is segít. A porlasztókamra kiszűri a 10 µm-nél nagyobb cseppeket. A sugárforrásba belépő mintaáramot a teljes mintaáramhoz viszonyítva kapjuk a közvetett porlasztás hatásfokát. A hatásfokkal és a felszívási sebességgel kifejezhetjük a sugárforrásba bejutó anyag áramot, ha a sebességet megszorozzuk a hatásfokkal. A primer aeroszol cseppméret eloszlását a kisebb cseppméret felé tudjuk eltolni, és így javítani tudjuk a porlasztás hatásfokát, ha a porlasztóhoz közel, kb. 5 mm- re ütközőgömböt szerelünk fel, a még nagy sebességgel áramló aeroszol útjába. Az ICP fontosabb porlasztó típusai a koncentrikus porlasztó, vagy Meinhard porlasztó, a szögporlasztó, a V-porlasztó és az ultrahangos porlasztó.

A sugárforrásokban lejátszódó, az analitikai információt szolgáltató folyamatokat 7-8 részfolyamatra bonthatjuk. ICP esetében 0,0005 ml/sec oldatmennyiség jut be a sugárforrásba, ami kb. 107 /sec mintacsepp belépését jelenti. A mintacseppek együtt mozognak a nagy sebességgel áramló gázokkal és közben a nagy hőmérsékletű közeg hatására termikus folyamatok sorozata játszódik le. Először elpárolog az oldószer, majd a szilárd részecske megolvad, az olvadékfázisban átalakulások, reakciók játszódnak le, ezután a részecske elpárolog, a komponensek gőzfázisba mennek át. A folyamat következő lépésében a molekulák atomokra disszociálnak, atomizálódnak, atomos gőz keletkezik és végül a szabad atomok részlegesen termikusan ionizálódnak. A gőzfázisú komponensek diffúzióval terjednek az ionforráson belül és a nyitott ionforrást körülvevő térben. Az ionforrások magas hőmérsékletén a molekulák, különösen a nagyobb molekulák nem stabilisak, lebomlanak egyszerűbb molekulákra, illetve atomos alkotórészeikre disszociálnak. Az ionforrásokban a fémek és nemfémek viszonylag stabil molekulái a monoxidok (MO), hidroxidok (MOH), karbidok (MC), illetve halogenidek (MX). Ezen stabilis molekulaformák termikus disszociációja szolgáltatja a szabad atomokat. A keletkezett szabad atomok gerjesztődnek és ionizálódnak az ionforrásban. A gerjesztett állapot nagyon rövid ideig marad fenn, majd ütközéssel, vagy foton emisszióval alapállapotba kerül az atom. Az ionizáció során az eredeti atomtól eltérő spektrumú töltött részecske és elektron keletkezik. Az ionokból további elektronvesztéssel többszörösen ionizált atomok ($M^+$, $M^{++}$) is keletkezhetnek, kellően magas hőmérsékletű ionforrásokban. Egy adott elem tehát szabad atom (M), különböző molekulák (MO, MC, MOH, MX) és ionok ($M^+$, $M^{++}$) formájában található az ionforrás adott zónájában. Az adott elemre az összes részecske koncentráció n, azaz a szabad részecskék száma térfogat egységenként az atomok $n_a$, a molekulák $n_m$, és az ionok $n_i$ koncentrációjának az összegeként írható fel ($N=n_m+n_a+n_i$). A mérések során feltételezzük, hogy a szilárd vagy oldat minta $c_s$ komponens koncentrációja arányos a sugár forrásban kialakuló összes koncentrációval ($c_s$ α n). Az adott vizsgálat spektroszkópiai információja azonban csak egy kiválasztott részecskeformától származik, azaz $c_s$ α $n_a$ vagy $c_s$ α $n_m$ vagy $c_s$ α $n_i$ arányosságra alapozzuk a mennyiségi meghatározást, ami megkívánja, hogy az $n_a/n$, $n_m/n$, illetve $n_i/n$ viszonyszámok is állandóak legyenek az adott elemzés során, azaz a részecskék

megoszlása az egyes formák között ne változzék. Az arányok eltolódására akkor kell számítanunk, ha a disszociáció és az ionizáció foka megváltozik a mátrix komponensek hatására.
Az adott beállítást hatásfoktényezőkkel jellemzik, ezek a porlasztási hatásfok, a párolgási hatásfok, az atomizáció hatásfoka és az ionizációfok. A folyamatokban kulcsszerepet játszik a hőmérséklet, az oxigénkoncentráció és az elektronkoncentráció, de fontos szerepe van az egyes részfolyamatok sebességének, a konvektív és a diffúziós transzportsebességnek és a tartózkodási időnek is.

Induktív csatolású plazma optikai emissziós módszer (ICP-OES) hozzávetőlegesen 80 féle elem meghatározását teszi lehetővé a plazmában keletkező gerjesztett szabad atomok és ionok által létrehozott fény emisszió felhasználásával. A mintaoldatot porlasztással aeroszollá alakítva, gázárammal jutunk az induktív csatolású plazmába (ICP), ahol a minta komponensei elpárolognak, atomizálódnak, a keletkező szabad atomok, illetve ionok gerjesztődnek és az elemekre jellemző hullámhosszú fotonokat bocsátanak ki. A plazma fényemisszióját spektrálisan felbontjuk és az egyes elemek adott hullámhosszú spektrumvonalának intenzitását optikai detektor(ok) segítségével mérjük. Az ICP-OES készülék főbb részegységei a plazma sugárforrás, a rádiófrekvenciás generátor, illesztő egység és gázadagoló, a mintabeviteli egység, a spektrométer és a detektor a jel- és adatfeldolgozó egység. Az ICP-OES készülék a spektrométer típusa szerint lehet polikromátoros és monokromátoros, valamint kombinált. Szimultán multielemes elemzést polikromátoros és kombinált készülékkel lehet végezni A háttérkorrekcióhoz szükséges spektrumpásztázás a belépőrés mozgatásával, vagy a belépőrés mögött elhelyezett 3-6 mm vastag, rezgő kvarclemez (Chopper) segítségével történik. A szimultán multielemes ICP-OES mérés követelményeihez még jobban igazodik a nagyfelbontású Echelle polikromátorral és diódasorokból felépített sokelemes detektor felület (CCD = charge coupled device) kombinálásával kialakított CCD-ICP-OES készülék. A mérés után a detektor elemek gyors kiolvasásával megkapjuk a spektrumot. A készülék biztosítja az adott minta elemzésére legjobb spektrumvonalak, illetve a legjobb háttérkorrekciós módszerek kiválasztását. A monokromátoros ICP-OES készülékben a plazma sugárforrást Ebert vagy Czerny-Turner elrendezésű monokromátorhoz illesztik. Egy mintából több elem meghatározása úgy történik, hogy a beprogramozott vonalakat és a háttérkorrekciós helyet sorra beállítja a monokromátor pásztázó berendezése és minden hullámhossznál néhány másodperces mérést végez. A monokromátorok hullámhossz beállítási biztonsága általában nem biztosítja a direkt vonalra állást, ezért a vonal környezetében végzett pásztázással keresik meg a vonal maximumát, majd azon történik a mérés. Az ICP-OES módszer kalibrációs függvénye $I_L=k*c$ alakú lineáris függvény, ahol az $I_L$ az elemzővonal intenzitása, c a minta (oldat) koncentrációja és k egy összetett állandó. Mivel a detektor az adott hullámhosszon jellemző háttérsugárzás ($I_B$) és az elemspecifikus sugárzás ($I_L$) összegét méri, az $I_B$ háttérsugárzást meghatározása után az $I_L=I_{L+B}-I_B$ összefüggéssel kell az $I_L$-t kiszámítani, azaz a háttérkorrekciót elvégezni. Az általánosan értelmezett háttérsugárzásba beletartozik a plazma alapsugárzása és a vizsgált elem mellett a mintában jelen lévő összes komponens (mátrix) sugárzása is. A háttér meghatározása történhet az elemzővonalon ($\lambda_0$) végzett méréssel egy olyan vakminta segítségével, amelyben az elemzett komponens koncentrációja nulla és a mátrix komponensek koncentrációja a mintáéval azonos, illetve a vonal melletti ($\lambda^-$, $\lambda^+$) mérések segítségével. Az utóbbi esetben nincs szükség ilyen speciális vakmintára. A helyes háttérkorrekció az ICP-OES mérés kulcskérdése. ICP-OES mérés esetében számolni kell a vonaldús elemek spektrális zavarásával, a mintabeviteli zavarásokkal, az ionizációs zavarással a párolgási zavarással és a mátrixzavarással. Az argon-argon ICP hőmérséklete alkalmas az összes fémes elem, továbbá a B, C, Si, P, S, As, Se és Te gerjesztésére és meghatározására. Az ICP-OES módszer kimutatási határai, cL oldatporlasztásos mintabevitel alkalmazásakor 0,1-100 ng/ml koncentrációtartományba esnek.

1. táblázat

A legérzékenyebb vonalakon radiális leképezéssel elérhető kimutatási határok

| Kimutatási határ | Elem |
|---|---|
| < 1 ng/ml | Ba, Be, Ca, Mg, Mn, Os, Sc, Mn, Sr, Ti, Y, Zr |
| 1-10 ng/ml | Ag, Al, Au, B, Cd, Co, Cr, Cu, Eu, Fe, Ho, La, Li, Lu, Mo, Na, Nb, Ni, Pd, Ru, Si, Tm, V, Yb, Zn |
| 10-100 ng/ml | As, Bi, C, Ce, Dy, Er, Ga, Gd, Ge, Hf, Hg, In, Ir, K, Nd, P, Pb, Pr, Pr, Pt, Rb, Re, Rh, S, Sb, Se, Sm, Sn, Tb, Te, Th, TI, U, W |
| <1000 ng/ml | Cs |

Forrás: Pokol, Gy. - Sztatisz, J. (1999): Analitikai kémia I.

Az ICP-OES kimutatási határai általában hasonlóak, vagy kicsit jobbak, mint a láng-AAS módszer kimutatási határai A stabil oxidokkal rendelkező elemek (Al, Ti, V, W, stb.) és a ritka földfémek kimutatási határai viszont ICP módszerrel sokkal kedvezőbbek. Az optimális koncentrációban 0,5-1% szórás várható.

Az ICP-MS módszer hozzávetőlegesen három nagyságrenddel (pg/ml) jobb kimutatási határral rendelkezik, mint az ICP-OES készülék, hasonlóval, mint a grafitkemencés atomabszorpciós készülék. Az argon plazma a magas hőmérséklete miatt környezeti nyomás mellett nagyon jó ionizációs feltételeket ad, ami a tömegspektrometriás mérés számára is optimális.

*Papp és Rolf* (1992 atomemissziós spektroszkópiát (AES) használtak. A módszerrel nyerhető úgynevezett összegspektrum, a vizsgálandó minta fő alkotóinak és nyom) több elem együttes meghatározására elemeinek meghatározására egyaránt alkalmas. Az eljárás lényege, hogy megfelelően nagy energiájú gerjesztés hatására az atomok koncentrációfüggő intenzitású spektrumot adnak, amely a standarddal való összehasonlítás után a koncentráció meghatározására felhasználható. A kimutatási határ csökkentésére, illetve az egyszerre kimutatható elemek körének bővítésére akkor van lehetőség ha például induktív csatolt nagyfrekvenciás plazmát használunk, stb. Környezeti mintákban adott fémek összes koncentrációjának a meghatározására újabban azt az eljárást használjuk, amelyben nagy hatékonyságú ionforrást, az argonplazmát használjuk tömeg spektrométerrel, mint igen érzékeny detektorral összekapcsolva.

Avdonyin (1972) vizsgálataival bizonyította, hogy a talajok elsavanyodásával a baktériumok mennyisége csökken, a gombák mennyisége viszont jelentősen növekszik. A baktériumok többsége nem fejlődik 4,5-5-nél alacsonyabb pH-n, ugyanakkor azokat a baktériumokat, amelyek a ként oxidálják, nagyfokú savellenállóság jellemzi. Különösen nagyon kedvezőtlen hatást gyakorol a talaj túlságos elsavanyodása az olyan mikroorganizmusok fejlődésére, mint az Azotobacter és a gyökérgümő-baktériumok (Rhizóbiumok) amelyek a levegő nitrogénjével gazdagítják a talajt. Különösen kedvező volt a meszezés olyan fontos mikroorganizmusokra, mint a nitrifikálók, a clostrídiumfajok és a cellulózbontók, amelyek fontos szerepet játszanak a talajok termékenységének növelésében.

2. táblázat

A mikroorganizmusok viszonya a közeg pH-jához

| A talaj pH-ja | Baktériumok db/g talaj | A talaj pH-ja | Gombák db/g talaj |
|---|---|---|---|
| 6,2 | 13600000 | 6,6 | 26200 |
| 5,6 | 12600000 | 6,2 | 39100 |
| 5,1 | 4800000 | 5,8 | 73000 |
| 4,8 | 4000000 | 4,0 | 110000 |

Forrás: Avdonyin, N. SZ. (1972): Savanyú talajok termékenységének fokozása

3. táblázat
A mikroorganizmusok viszonya a közeg kémhatásához

| Mikroorganizmus | Mikroorganizmus fejlődéséhez lehetséges pH érték | | |
|---|---|---|---|
| | Minimális | Optimális | Maximális |
| Rothasztó baktériumok | 4,5 | 7,0 | 6,0 |
| Gümőbaktériumok | 4,3 | 7,0 | 10,0 |
| Azotobacter | 5,0 | 7,0 | 9,0 |
| Nitrifikálók | 4,0 | 7,8-8,0 | 10,0 |
| Aktynomyces | 4,5 | 7,0 | 9,0 |
| Penészgombák | 1,5 | 7,0 | 9,0 |

Forrás: Avdonyin, N. SZ. (1972): Savanyú talajok termékenységének fokozása

A mész hatása a talajban lévő tápelemek mozgékonyságára a növényi tápanyag hasznosulás tükrében általánosan pozitívnak mondható. Egyes anyagok mennyisége a talaj elsavanyodásakor csökken, másoké növekszik. A meszezés, alaposan megváltoztatva a közeg kémhatását, a talajban lévő tápanyagok mozgékonyságát igen nagymértékben befolyásolja.

1, Meszezés hatására a mikroorganizmusok mennyisége növekedésének eredményeként növekszik a növények által felvehető nitrogén mennyisége.

2, A talaj túlságos savanyúsága káros hatásának egyik fontos oka a foszfor felvehetőségének csökkenése. Kutatási eredmények eredményeképpen megállapítható volt, hogy a talajok meszezése nyomán nő a talajban lévő foszfátok mozgékonysága. A mész kedvező hatása a növények számára felvehető foszfor mennyiségének növelésére sok évig terjed. A mész kedvező hatása a növények által felvehető foszfortartalom növekedésére, azzal magyarázható, hogy jobbak lesznek a viszonyok a mikrobiológiai folyamatok számára, ennek következtében pedig lebomlik a talaj szerves anyaga és a foszfor szerves kötésből ásványi formába alakul át. Feltételezések szerint meszezéskor a foszforsav mozgékonyabbá válásának oka az, hogy a kalcium kiszorítja a vasat és az alumíniumot a nehezen oldható foszfátokból, ennek következtében a növények számára könnyebben felvehető kalciumfoszfátok képződnek.

3, Savanyú talajokban gyakran előfordul a káliumhiány. Ha ilyen talajokba meszet juttatunk, az növeli a felvehető kálium mennyiségét. Ennek oka, hogy a kalcium kiszorítja a káliumot az adszorbeált állapotából. A növények káliumfelvétele a talaj meszezésekor azonban nem növekszik, ami a kálium - kalcium antagonizmussal magyarázható.

4, Könnyű mechanikai összetételű, savanyú talajokon gyakori a magnéziumhiány. Ennek kiküszöbölésére kézenfekvő megoldás a dolomitliszt talajba juttatása.

5, A mangán nélkül a növények szintén nem képesek megélni, azonban savanyú talajokon általában nagy mangánfelesleg van, ami ártalmas a növényekre. A mangánfelesleg gátolja a növény generatív szerveinek kifejlődését, gyakran a teljes növény pusztulásához vezet. A mangán mozgékony formáinak mennyisége tehát annál magasabb, minél savanyúbb a talaj. Túl nagy adagú mész viszont ahhoz vezet, hogy a növények mangánhiányos tüneteket mutatnak.

6, A vas a legfontosabb növényi tápelemek egyike. Vashiány esetén a növényekben klorózis léphet fel, és a terméseredmény jelentősen visszaesik. A vas legnagyobb része oxidok formájában fordul elő a talajokban. A savanyú, rosszul levegőző talajokban azonban ferro vegyületek képződnek, amelyek ártalmasak a növény számára. A meszezés hatékony megoldás a ferro vegyületek feldúsulásával szemben.

7, Alumíniumot igen jelentős mennyiségben tartalmaznak a talajok. Ennek a legnagyobb része a növények számára nem hozzáférhető. Savanyú talajokban azonban nagy mennyiségű a mozgékony alumínium. Mozgékony alumíniumvegyületek toxikusak a növényekre. A legradikálisabb eszköz az alumínium káros hatása elleni védekezésnek a talaj meszezése, ilyenkor a toxikus alumíniumvegyületek immobilizálódnak.
8, Bórhiány csak lúgos kémhatású talajokban fordul elő. Így a túlmeszezés a felvehető bór mennyiségét csökkenti, ami a növényeken hiánytünetek kialakulásához vezet.
9, A molibdén a nitrogén anyagcserében játszik fontos szerepet. Savanyú talajokban a molibdén felvehetetlenné válik.
A meszezés lényeges a talajok fizikai tulajdonságainak befolyásolásában is. A mésszel bevitt kalcium koagulálja a kolloidokat, általában javítja a talaj mikrostruktúráját és növeli annak termékenységét és megkönnyíti a talajművelést. A műtrágyázás hatékonysága nő a meszezéssel, mivel például a nitrogén ammóniumformáinak és a kálium kloridnak rendszeres alkalmazásakor, a talajok elsavanyodnak. Ezzel párhuzamosan a műtrágyázás hatékonysága valamint a termés csökkenése is megfigyelhető. A növények kalciumigénye gyakran nincs összefüggésben a savanyú talajok meszezési reakcióival. A növények viszonyát a közeg kémhatásához nem a kalciumfelvételük szerint, hanem a hozamuk szerint határozzuk meg. Így a növények között négy fő csoport van a közeg kémhatása alapján. Az első csoport a közeg savanyú kémhatása iránt nagyon érzékeny és a meszezésre nagyon fogékonyak, a második csoportot nagy fogékonyság jellemzi a savanyú talajok meszezésével szemben, a harmadik csoport nem érzékeny a savanyú kémhatásra, de kedvezően reagál a meszezésre. A negyedik csoport pedig nem érzékeny a savanyú kémhatású közegre és nincs szüksége a meszezésre. A talaj meszezésének szükségessége a pH, a hidrolitos aciditás, és a bázistelítettség függvénye. Általánosan alkalmazott módszer, hogy a vetésforgó első rotációjában a hidrolitos savanyúság szerintinek a felére korlátozhatjuk a mészadagot, ugyanakkor a második rotációban ezt még egyszer adagolhatjuk. A meszezés hatékonysága a talaj tulajdonságaitól, a növények biológiai sajátosságaitól, az adagolás módjától és időpontjától, a szerves és műtrágyázással való összekapcsolásától függ. A meszezés hatékonysága továbbá nagymértékben függ az őrlés finomságától. Meszező anyagok közül használhatók a laza mészkőzetek, a mészben gazdag ipari hulladékok, a kemény karbonát kőzet őrlemények, a meszes tufák, a tavi mész, továbbá a dolomitliszt. A mész talajra vitelének legelfogadottabb módja a megfelelő mennyiségben történő talajterítés utáni beszántás.

*Arany* (1956) a szikes talajok javításával kapcsolatban azt írta, hogy minél több nátrium lép az adszorpciós komplexum kalciumának helyébe, annál inkább elveszíti a kalcium-talaj jól ismert tulajdonságait, annál inkább szikesedik a talaj. 10-12% nátrium tartalom felett a talaj kedvező tulajdonságai elveszettnek tekinthetők. Az olyan talajokat, amelyeknél a kicserélhető $Ca^{++}$-mal szemben 5-10 egyenérték százaléknál többre növekedett a $Na^{+}$ mennyisége, nátriumtalajoknak nevezzük. A nátrium talajokat külföldön alkáli, hazánkban szikes talajoknak nevezik. A szakirodalom Ca, Na, és H talajokat különböztet meg. Ezek értelmében a talajkolloidok által kötve tartott ionok – elsősorban kationok – mennyisége és egymáshoz való viszonya a talaj tulajdonságait döntő módon befolyásolja. A jó termőerőben lévő kedvező talajtulajdonságokat mutató talajokban, mint fő kicserélődési kationokat $Ca^{++}$, $Mg^{++}$, $K^{+}$ és $Na^{+}$ található. Az ionoknak soha nem az abszolút mennyisége, hanem az egymáshoz viszonyított aránya a lényeges. Abban a talajban, ahol a kalcium 65-75 egyenérték százalék, a magnézium 10-30 egyenérték százalék, a kálium néhány tized egyenérték százalék és a nátrium 5-10 egyenérték százaléknál kevesebb, kalciumtalajnak nevezzük. Fő képviselőik a csernozjomok, vagy fekete mezőségi talajok. A talajjavításnak az a célja, hogy állandó jellegű és tartós talajszerkezetet hozzunk létre. Annál tartósabb és ellenállóbb a talajszerkezet, minél több $Ca^{++}$ ion adszorbeálódik az ásványi és szerves kolloidok felületére és minél inkább háttérbe szorul a $Na^{+}$ ionok hatása.

*Kádár* (1998) munkájából kiderül, hogy az 1994. évi LV. törvény 62/2.b., illetve a 69/1.a. pontjai alapján a kémiai talajjavítás továbbra is támogatásban részesül. Állami támogatás a 177/1995. (XII.29.) kormányrendelet, továbbá a 44/1995. (XII.29.) FM rendelet 46/1.b.c. pontjai alapján igényelhető meszezéshez, maximálisan a költségek 40%-a erejéig. A támogatás jelenlegi

mértéke nem teszi lehetővé a szakmailag indokolt beavatkozásokat, annál is inkább, mert a savanyú területek lényegében egybeesnek az ország legszegényebb és legelmaradottabb körzeteivel.

Amikor a talajoldat pH-ja 7-nél kisebb, aktuális savanyúságról beszélünk és jellemzésére a $pH_{(H2O)}$ szolgál. A talaj pH mérése 1:2,5 arányú vizes szuszpenzióban történik. Amennyiben a talaj kirázását 1 m KCl-dal végezzük savanyú talajon, kisebb értéket kapunk, mivel a semleges só kationja a $K^+$ $H^+$-t cserél ki a kolloidok felületéről. Ez a kicserélhető savanyúság természetesen nagyobb, mint az aktuális. Erősen savanyú talajokon nem csak az adszorbeált $H^+$, hanem az $Al^{3+}$ is kicserélődik és oldatba kerül. Az $Al^{3+}$ mérgező a növényre. A műtrágyákkal lejátszódnak a kation csere reakciók, ezért a megfelelő műtrágyaforma kiválasztása lényeges. Ha lúgosan hidrolizáló Na-acetáttal (erős bázis, gyenge sav) kezeljük a talajt, erősebb $H^+$ csere következik be. Ezt nevezzük hidrolitos aciditásnak és $y_1$-el jelöljük. Az $y_1$ a talaj összes $H^+$ ionját kicseréli, a KCl pedig csak a könnyen kicserélhető ionokat. Semleges, vagy gyengén savanyú talajokban csak a hidrolitos aciditás mérhető érdemben, a kicserélődési savanyúság elenyésző. A talajoldat kémhatása nemcsak a kicserélhető és hidrolitos savanyúság mértékétől függ, hanem az adszorpciós kapacitás kation-telítettségétől (Ca, Mg stb.), illetve az adszorbeált kationok összegétől (S) is. Ugyanazon a y1 értéknél más lehet a T érték, az adszorpciós kapacitás, így mást jelent az azonos $H^+$ koncentráció. Az ilyen irányú kémhatást a talaj bázistelítettségi foka, a V% jellemzi. Minél nagyobb a talaj adszorpciós kapacitása (T), és a bázistelítettsége (V%), annál jobb a tompító, vagy puffer képessége. Vagyis a savterheléssel szembeni ellenállása, vagy a hirtelen pH változással szemben. E tekintetben a mész szegény homoktalajok a veszélyeztetettek.

*Kádár* (1992) rámutat, hogy a növények kalcium igénye eltérő, főként a vegetatív részekben és az elöregedő melléktermékekben (szalma, szár, öregedő lomb) halmozódik fel. Átlagos gabonaterméseinkben 30-50 kg kalcium épülhet be. Ebből adódóan a talajok kalciumban való elszegényedéséhez az intenzív növénytermesztés is hozzájárulhat, mészhiányos, telítetlen talajokon. A 3 t/ha körüli napraforgó szemtermés képzéséhez például 60-70 kilogramm kalcium épül be a növény föld feletti részeibe. Amennyiben a kombájn a betakarításkor a tányért és a szárat a táblán hagyja, mindössze 10 kg körüli kalcium távozik a kaszatokkal.

*Kerényi* (1995) megjegyzi, hogy a növények növekedése szempontjából nem is annyira a savanyúság a probléma, hiszen a növények 4 pH alatt is jól fejlődnek. Inkább a talajoldat mérgező Al, Fe, Mn és egyéb fémtartalma okozza a növekedés gátlását. Másrészről lelassul, vagy leáll a nitrifikáció, a légköri nitrogénkötés, továbbá savanyú, nehezen bomló humuszanyagok képződnek. Immobilizálódhat a foszfor, nehezen hozzáférhetővé válnak a N, Ca, Mg, K, P makroelemek, valamint az esszenciális mikroelemek közül a Mo és a Se. Ezzel szemben nő az Al, Fe, Mn, Cu, Cd, Zn, Ni, Pb elemek mobilitása, csökken a talaj megkötő és szűrő képessége, a szerves szennyezőket eliminálló (lebontó) detoxikáló potenciálja.

*Marth* (1996) előremutató munkájával felhívja a figyelmünket arra, hogy a korszerű talajvédő gazdálkodás, a fenntartható növénytermesztés irányelveinek figyelembe vétele megköveteli, hogy minden anyagi nehézség ellenére fokozott gondot fordítsunk a talaj mészállapotának fenntartására, amely egyúttal fontos lépés a kielégítő talajszerkezet megóvásának, az elfogadható porozitási viszonyok fenntartásának és a harmonikus növénytáplálás megvalósításának az irányába is. Megállapítás alapján figyelembe véve az eddigi talajjavításokat, a javításra szoruló terület Magyarországon mintegy 2,8 millió hektár az összes 4,2 millió hektár mezőgazdaságilag művelt területből. Ezen belül 2,2 millió hektár a savanyú talaj.

*Máté* (1997) szerint az elmúlt évtizedek alatt 1,3 millió hektár részesült melioratív meszezésben. Mégis az intenzív mezőgazdasági termelést folytató területek savanyú talajainak aránya nem csökkent, hanem növekedett.

*Várallyai* (1986) rámutat, hogy a talajok savanyodását előidéző tényezők, úgymint az éghajlati hatások, a talajképződési viszonyok hatása folyamatosan érvényesülnek és a talajból eltávozó kalcium mennyiségek jelentősek.

*Orbon* (1995) kimutatta, hogy Svédországban a savanyodási folyamatok hatására a vizsgált növények Se tartalma csökkent, míg valamennyi egyéb vizsgált mikroelem mennyisége növekedett.

*Fülkei és Kovács* (1992) hangsúlyozza, hogy a tápelem arányokra a „klasszikus” mikroelemek esetében is figyelmet kell fordítani, különösen azért, mert a kísérleti területek cinkben hiányosak, és ez a hiány a javulóban lévő kalcium és foszfor rovására csökkenhet.

*Csathó* (1989) üzemi vizsgálataiban megállapítja, hogy a növekvő foszfor ellátás hatására a kukorica levelek cink tartalma felére csökkent.

*Szakál és Schmidt* (1998) vizsgálta a savanyú talajokon a meszezés hatását a búza termésátlagára. Vizsgálták a minőségi paramétereket a termés kémiai összetevőinek a függvényében. A meszezés hatására talaj pH emelkedés volt megfigyelhető. A hidrolitos aciditás érétke csökkent, a mészdózisok nagyságával egyenes arányban. A búza nyersfehérje tartalma, hozama a kontroll parcellákhoz képest nőtt. Igazolták, hogy a talajok elsavanyodása csökkenti a terméshozamokat. Minden esetben ha a KCl-ben mért pH érték savas (6,0 alatti érték), illetve a mért $Y_1$ nagyobb mint 4-5, akkor javasolt a meszezés. Ha a talaj cinkben hiányos, akkor a meszezéskor a pH emelkedésével a mozgékony, felvehető cink tartalom tovább csökkent, ami egyben a minőség romlásában mutatkozott meg. A meszezés kedvezően hat a gyökér, illetve a növény fejlődésére is. A savanyú talajokon a gyökerek rövidebbek voltak és számuk is kevesebb volt a meszes talajon nőtt növényéhez képest. Mivel hazánk talajainak 50%-a savanyú kémhatású, ezért mind termelési, mind környezetvédelmi szempontból elsőrendű kérdés a meszezés.

*Kőmíves és Brunold* (1992) vizsgálták a nehéz fémek toxicitását a termesztett kukoricára. Azt találták, hogy a nehézfémek környezeti koncentrációja gyakran meghaladja a toxikus határértéket. A nehézfémek szignifikánsan befolyásolják a növény enzimszintjét. Így tehát megállapítható, hogy a növények érzékenyen reagálnak a nehézfém kontaminációra.

*Szakál* (1992) ipari hulladékból réz-tetramin-hidroxid komplexet hozott létre. Ennek hatását vizsgálta a búza terméseredményének alapján. A réz esszenciális elem a növény számára. A magyar talajok viszont gyakorta rézhiányosak. A rézhiányos talajokon beállított kísérletekben a komplexet egyes esetekben a talajra, más esetekben a növényre juttatta ki. A kísérletek eredménye azt mutatta, hogy a búza termésátlaga, fehérje mennyisége és a sikértartalma növekedett.

*Filep* (1988) szerint hazánkban a mésztrágyázás nem terjedt el. A növények kalcium ellátása karbonátos és telített talajokon biztosított. A terméssel évente elvont kalcium mennyisége gabonaféléknél 10-30 kg/ha, kapásoknál 50-90 kg/ha, pillangósoknál 150-200 kg/ha. A terméssel elvont kalcium egy részét szuperfoszfáttal, vagy mész-ammon salétrommal pótolhatjuk. A nagymérvű műtrágyázással viszont a talajaink elsavanyodnak, ami a talajok mésztrágyázását indokolja.

*Nyíri* (1993) történelmi tanulmányából kiderül, hogy a műtrágyázási kísérletek és a műtrágyázás gyakorlata a XIX. század fordulóján indult meg a Magyaróvári Mezőgazdasági Akadémián, majd később az országos Növénytermesztési Kísérleti Állomáson Cserháti, Kosutány és Gyárfás kezdeményezésére. Hatásukra létesült Budapesten a Hungária Szuperfoszfátgyár.

*Moser és Pálmai* (1999) tankönyvéből kiderül, hogy a talaj természetes ásvány anyagai a föld szilárd kérgéből származnak. A talaj ásványi anyagait szerepük és az emberi szervezet szükséglete szerint makroelemek, mikroelemek és ultramikroelemek csoportjára osztjuk. Makroelem: nátrium, kálium, kalcium, foszfor. A mikroelemek közé soroljuk a rezet, vasat, kobaltot, jódot, magnéziumot, ként. Ultramikroelem: a fluor, cink, arzén, mangán, stroncium, szelén. A talaj természetes ásványi anyagai közvetett, vagy közvetlen módon kerülnek az emberi szervezetbe. A talaj-növény táplálkozási lánc útján a növényi élelmiszerekkel, a talaj-növény-állat táplálkozási lánc útján az állati eredetű élelmiszerekkel, továbbá a talaj-víz-ivóvíz útján, illetve az ivóvízzel készült ételek, italok útján. A talaj ásványi anyagait a növényi, állati vagy emberi szervezetek ionok vagy vegyületek, ritkábban nagyobb molekulatömegű szerves vegyületek alakjában veszik fel. A talaj természetes ásványi anyagainak higiénés jelentősége abban foglalható össze, hogy közvetve, vagy közvetlen módon a bioszféra élővilága, az ember ásványianyag-szükségletét fedezik.

*Rácz* (1997) munkatársaival ICP-AES módszerrel vizsgálta a különböző termesztett gombákban található esszenciális és toxikus fémtartalmat.

*Murányi* (1993) ICC-OES módszerrel vizsgálta egy adott mezőgazdasági termőhely talajának elemtartalmát. A talajvizsgálatból kapott eredményeket viszonyította az ott termett szőlő és az abból készített bor elemtartalmához.

*Hergóczki* (1996) a Budapesti Műszaki Egyetem, Mezőgazdasági Kémiai Technológia Tanszékén vizsgálta a mikroelemekkel dúsított élesztő előállításának lehetőségeit, mely a szükséges elemeket az ember számára jól hasznosítható szerves kötésben, vagy komplexben tartalmazza. A fermentációban képződött sejtek elemtartalmát a megfelelő előkészítés után ICP-AES módszerrel vizsgálták.

*Don* (1998) munkatársaival a Magyar Földtani Intézet számára földtani monitoring vizsgálatokat hajtott végre a Szigetközben. A Magyar Földtani Intézet 1994 óta végez rendszeres földtani monitoring vizsgálatokat a Környezetvédelmi és Településfejlesztési Minisztérium kezdeményezésére a Duna szigetközi szakaszán. A cél a felszíni és a felszín alatti víz kapcsolatának feltárása a földtani képződményekkel. További cél az adatok más kapcsolódó tudományterületek számára való szolgáltatása. A földtani adatok egységes rendszerbe foglalásával a földtani információs rendszer kiépítését tették lehetővé. A minták elemzését a Magyar Állami Földtani Intézet laboratóriumában dolgozták fel. Az elemanalízis céljára rutin és ICP-MS módszert alkalmaztak. A mintaelemzésnél külön értékelték a makro-, és mikroelemek mennyiségét.

*Szalai* (2000) vizsgálta a szennyező anyagok hatását az ártéri környezetre. Mintaterületként egy kis léptékű ártéri ökoszisztémát vizsgált, a Háros-szigetet a Közép-Dunán. Az ártér ökoszisztémák táji szintű nyomelem áramainak pontosabb megismerése szempontjából választotta a kis területű, izolált és reprezentatív Háros-szigetet. Vizsgálta a talajmintákat, talajoldat-mintákat, talajvíz-mintákat, illetve a növényi mintákat, melyeket a különböző növényfajok leveleiből vett minták alapján végzett. A mikroanalitikai vizsgálatokat külön ásványalkotók és nyomelemek vizsgálatára tagolta. A talajvíz, a talaj és a növényi minták elemanalitikai vizsgálatát Zeiss AAS-30 grafitkemencés atomabszorpciós spektrofotomméterrel végezték, a kontrollvizsgálatokat pedig a Fejér megyei Növényegészségügyi és Talajvédelmi Állomás Talajvédelmi Laboratóriumában, az előző analitikai módszerrel azonos feltárási módszerrel Thermo Jarrel Ash ICAP 61 típusú ICP készülékkel végezték.

*Ódor* (1995) munkatársaival Magyarország geokémiai atlaszának felvételét végezte el, a Nyugat-európai Országok Földtani Intézeteinek Együttműködési Szervezete (WEGS) ajánlása szerint. Eszerint az új, eddig nem alkalmazott mintavételi közeg, az ártéri finomszerkezetű üledék alapján végezték el Magyarország geokémiai atlaszának felvételét. A terepi mintákat 1991-1992-ben gyűjtötték, a vizsgálatokhoz szükséges előkészítést pedig 1993-ban. A megbízhatóság növelése miatt, minden mintát két laboratóriumban, a Magyar Állami Földtani Intézetben és a Budapesti Növényegészségügyi és Talajvédelmi Állomás laboratóriumában vizsgálták. A két elemzés jól egyezik. A laboratóriumban a mintákat meleg királyvizes feltárással ICP-OES, ICP-hidrid és atomadszorpciós módszerekkel vizsgálták.

*Szántosi és Bukovszki* (1984) kutatásai szerint az elsavanyodó talajon romlik a növény, a termék minősége. Csökken a protein (kalászosok, pillangósok, borsó), a cukorrépa cukor, a napraforgó kaszat olajtartalma, az 1000 mag tömege, a csírázási erély. Rét és legelő állományban csökken az értékesebb pillangósok és takarmányfüvek aránya, illetve megnő a gyomok mennyisége.

## Anyag és módszer

A kísérleti parcellákat különböző mennyiségű $CaCO_3$-al, valamint réz és cink kiegészítéssel kezeltük. A kezelések: 500, 1000, 2000, 4000, 8000 kg/ha $CaCO_3$ valamint 2000 kg/ha $CaCO_3$ + 10 kg/ha Cu, illetve 2000 kg/ha $CaCO_3$ + 10 kg/ha Zn. A vizsgálatok során, a kontroll parcellákon mért eredményeket hasonlítottuk össze a kezelt parcellákéval. A meszezést porrá őrölt 5-20 μm szemcsenagyságú, OMYA által előállított $CaCO_3$ felhasználásával végeztük, a fent feltüntetett dózisokkal.

A meszezés talajra gyakorolt hatását közvetlenül a meszezés után, majd a búza tesztnövény lekerülése után vizsgáltuk a meszezés előtti talajállapothoz viszonyítva. A talajmintákat mintavevő

bot segítségével vettük. Egy 1500 $m^2$ nagyságú parcelláról 5 részmintát vettünk, majd ezeket összekevertük, homogenizáltuk, feliratoztuk. Így egy időpontban a 4 ismétléssel a 8 féle kezelés 32 darab talajmintát jelent.

A meszezés előtti talajállapot vizsgálatakor a kísérleti területek savasságát jól tükrözi az 1. mellékletben feltüntetett, meszezést megelőző talajvizsgálat KCl-ban mért pH 5,71 értéke, illetve ezt támasztja alá a magas, 7,81-es hidrolitos aciditás érték is. A hidrolitos aciditás 7,81-es értéke a melioratív meszezés szükségességét bizonyítja. A meszezés előtti $CaCO_3$ tartalmat vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a talaj nem tartalmazott (szénsavas meszet) $CaCO_3$-t. A kísérletek helyéül szolgáló sárvári talaj rézzel jól (3,2 ppm) ellátott, cinkből viszont hiányt (2,0 ppm) mutat.

A sárvári savanyú barna erdőtalajon GK Barna őszi búza fajtát alkalmaztunk tesztnövényként. Ennek kapcsán kíváncsiak voltunk arra, hogy miként befolyásolják a különböző előzőekben felsorolt kezelések a búza terméshozamát, minőségi paramétereit és mikroelem tartalmát. A kálium, foszfor, kén, magnézium, kalcium, cink, réz, mangán és a nátrium tartalmat vizsgáltuk a búzánál a különböző kezelések eredményeként a betakarítás után. A búza minőségi paraméterei közül a nyersfehérje-tartalmat, hektoliter tömeget, sikér tartalmat, illetve a sütőipari értéket vizsgáltuk a különböző kezelések függvényében.

A kísérleti parcellák tehát egyenként 1500 $m^2$ területűek voltak. Véletlenszerű blokkelrendezést, 4 ismétlésben alkalmaztunk. A meszezés hatására a cinkhiányos talajokon tovább romolhat a cink tápelem felvehetősége. A kalászos növények az irodalom szerint érzékenyen reagálnak a réz és a cinkhiányra. A meszezési kísérleteket ezért egészítettük ki a 7. és a 8. kezelésként 2000 kg/ha $CaCO_3$ dózisú kezelési szinten 10 kg/ha fém cinknek és réznek megfelelő dózisú cink-, és réz tetramin-hidroxid komplex kezeléssel. Mind a meszezést, mind a réz-, és cinkpótlást vetés előtt végeztük, kézi kiszórás segítségével. A keverék beforgatása pedig kettős tárcsával történt. A kísérleti növény elővetemény e borsó volt, a búza betakarítása kombájnnal történt. A kombájn által az egyes parcellákról betakarított szemeket külön zsákokba gyűjtöttük, azokat feliratoztuk, majd az újabb parcellára való átállás előtt a kombájnból az összes magot "kihajtottuk". Az egyes parcellákról lejött magtömegekből, "reprezentatív" mintát vettünk kisebb zacskókba, amit szintén feliratoztunk.

A szántóföldi kísérlet a következő lépésekből állt egy éven belül:

- A parcellák kijelölése
- Kezelések előtti talajmintavétel
- Kezelések
- Talajmunkák
- Talajmintavétel
- Vetés
- Betakarítás (mintavétel)
- Talajmintavétel

A talaj és a növényi mintákat a szántóföldről a Kémiai Tanszék laboratóriumába szállítottuk, ahol további feldolgozásra kerültek. Általános alapvető munkakövetelmény volt a minták egymástól való szeparáltsága. Szintén általános eljárás volt az egyes minták homogenizálása, szárítása, őrlése, illetve a megfelelő mintamennyiség feltáráshoz történő bemérése.

**Az anyagok és eszközök**

- J-Y-24 ICP-OES készülék
- Argon gáz
- teflon bombák
- cc. Salétromsav
- cc. Hidrogén-peroxid
- desztillált víz
- szárító szekrény
- növényminta

- - talajminta
- - talajmintavevő
- - mintazacskók
- - daráló
- - szűrő
- - laborüvegek
- - multielemes kalibráló oldatok

**Minta előkészítés**

**Növényi minták roncsolásos előkészítése**

A vizsgált parcelláról származó légszáraz (kb. 13%-os nedvességtartalmú) búzaszemek közül 30 grammot ledarálunk. A porított termék 1 grammját kimérjük. Hozzáadunk 10 $cm^3$ tömény salétromsavat. Ezután 12 órán keresztül állni hagyjuk. Majd 2 $cm^3$ hidrogén-peroxidot töltünk rá. 4 órán át teflonbombában 95 ˚C -os szárítószekrényben tárjuk fel. Ezután lehűlés után szűrjük az anyagot. Végül desztillált vízzel 50 $cm^3$-re hígítjuk.

**Talajminták roncsolásos előkészítése**

Az adott parcelláról származó talajmintát szárítjuk, daráljuk, homogenizáljuk. 2 gramm légszáraz, porított talajhoz 4 $cm^3$ tömény salétromsavat és 1 $cm^3$ 30%-os hidrogén-peroxidot adagolunk. Ezután teflon bombában 4 órán át 130 ˚C-on roncsoljuk a mintát. A roncsolt anyagot 50 $cm^3$-es mérőlombikba szűrjük, és a maradékot gondosan átmossuk, és a jelig töltjük.

**A kalibráló oldatok készítése**

A kalibráló sor 4 különböző koncentrációjú kalibráló oldatból áll. Részletesen a növényi minták vizsgálatához alkalmazott kalibráló oldatokat a makro és a mikroelemekre a 6. 7. és a 8. táblázatban ismertetem. A 9. táblázatban a növényi minták elemanalíziséhez használt hullámhosszokat tüntetem fel. A valódi koncentrációt használjuk, ami a törzsoldat koncentráció és a bemért mililiterek szorzata osztva a lombik hígított térfogatával. A névleges koncentráció a valódi koncentráció ötvenszerese, ami gyakorlati információ.

**Fémkomponensek meghatározása induktívcsatolású plazma optikai-emissziós (ICP-OES) módszerrel**

Az ICP-OES méréseket Jobin-Yvon-24 készülékkel végeztük (1. ábra), mely monokromátoros, szekvens készülék. Ez azt jelenti, hogy akárhány beállított hullámhossz vizsgálható vele, de nem egy időben, hanem egymás után.

**Eredmények és értékelésük statisztikai módszerrel**

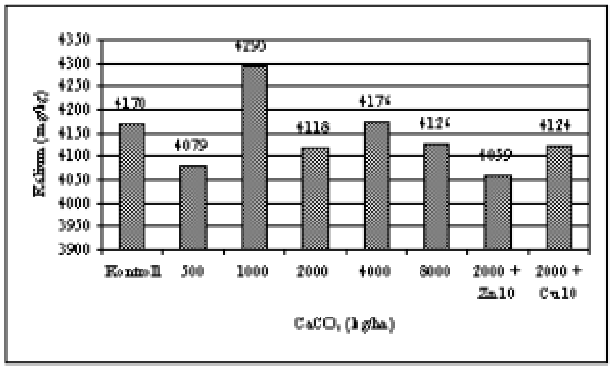
A kísérletek értékelésére egytényezős varianciaanalízist alkalmaztunk. A varianciaanalízis során azt vizsgáltuk, hogy van-e a meszezés és a búza mikroelem-tartalma (K, P, S, Mg, Ca, Zn, Cu, Mn, Na) között összefüggés, a kontroll és a különböző adagú és kiegészítésű mésztrágya kezelések között statisztikailag igazolható különbség.
Eredmények

| Elem | Tényező | SQ | FG | MQ | F | P-szint |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kálium | összes | 703325,72 | 31 | | | |
| | ismétlés | 154177,83 | 3 | | | |
| | kezelés | 149092,06 | 7 | 21298,865 | 1,1180344 | NS |
| | hiba | 400055,83 | 21 | 19050,278 | | |
| | SzD5% | 203,00138 | | | | |
| Foszfor | összes | 1543956,7 | 31 | | | |
| | ismétlés | 71260,083 | 3 | | | |
| | kezelés | 835667,33 | 7 | 119381,05 | 3,9354582 | ** |
| | hiba | 637029,25 | 21 | 30334,726 | | |
| | SzD5% | 256,16417 | | | | |
| | SzD1% | 348,53105 | | | | |
| Kén | összes | 203856,22 | 31 | | | |
| | ismétlés | 11071 | 3 | | | |
| | kezelés | 80422,889 | 7 | 11488,984 | 2,147238 | + |
| | hiba | 112362,33 | 21 | 5350,5873 | | |
| | SzD5% | 107,58434 | | | | |
| | SzD10% | 88,963974 | | | | |
| Magnézium | összes | 738401,06 | 31 | | | |
| | ismétlés | 8503,5833 | 3 | | | |
| | kezelés | 476224,39 | 7 | 68032,056 | 5,6319462 | *** |
| | hiba | 253673,08 | 21 | 12079,671 | | |
| | SzD5% | 161,65007 | | | | |
| | SzD0,1% | 296,87656 | | | | |
| Kálcium | összes | 19383,5 | 31 | | | |
| | ismétlés | 3750,3333 | 3 | | | |
| | kezelés | 10014,167 | 7 | 1430,5952 | 5,3465919 | ** |
| | hiba | 5619 | 21 | 267,57143 | | |
| | SzD5% | 24,058481 | | | | |
| | SzD1% | 32,733414 | | | | |
| Cink | összes | 360,70167 | 31 | | | |
| | ismétlés | 10,093333 | 3 | | | |
| | kezelés | 326,16833 | 7 | 46,5954 | 7640,037029 | *** |
| | hiba | 24,44 | 21 | 1,1638095 | | |
| | SzD5% | 1,5866798 | | | | |
| | SzD0,1% | 2,9139985 | | | | |
| Réz | összes | 5,5707056 | 31 | | | |
| | ismétlés | 0,5582583 | 3 | | | |
| | kezelés | 2,6296389 | 7 | 0,37566 | 273,3107643 | * |
| | hiba | 2,3828083 | 21 | 0,1134671 | | |
| | SzD5% | 0,4954311 | | | | |
| Mangán | összes | 147,33278 | 31 | | | |
| | ismétlés | 6,7225 | 3 | | | |
| | kezelés | 116,22611 | 7 | 16,60373 | 14,299375 | *** |
| | hiba | 24,384167 | 21 | 1,1611508 | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | SzD5% | 1,5848664 | | | |
| | SzD0,1% | 2,910668 | | | |
| Nátrium | összes | 661,81333 | 31 | | |
| | ismétlés | 69,8425 | 3 | | |
| | kezelés | 349,81333 | 7 | 49,9733334,3337084 | ** |
| | hiba | 242,1575 | 21 | 11,53131 | |
| | SzD5% | 4,9944498 | | | |
| | SzD1% | 6,7953331 | | | |

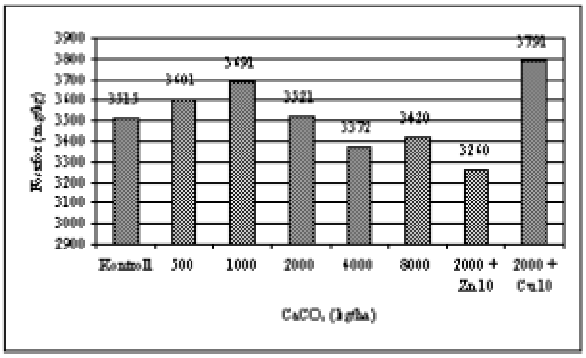
A kálium talajban lévő mennyiségének változását mutatja az 1. ábra. A kálium mennyisége a talajban a mészkezelések hatására csökkent, kivéve az 1000 kg/ha-os mészadagot, ahol emelkedés tapasztalható. A kezelések között nem mutatható ki szignifikáns különbség, a varianciaanalízis táblázatát az 1. tábla mutatja.

*1. ábra* A meszezés és a cink, réz mikroelemek hatása a talaj káliumtartalmára
*Figure 1.*

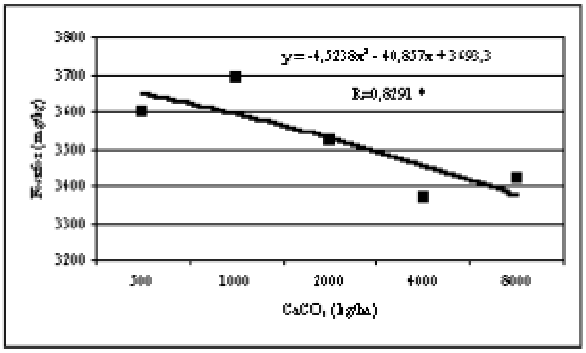



A növekvő adagú és a mikroelem kiegészítésű mészkezelések a talaj foszfor tartalmára gyakorolt hatásának vizsgálatakor a varianciaanalízis F-próbája 10%-os valószínűségi szinten igazol szignifikáns különbséget, mely az 1. táblában látható. A kontrollhoz képest a legnagyobb mértékben a réz kiegészítésű kezelésnél emelkedett meg a talaj foszfor tartalma, míg a legnagyobb mértékű csökkenést a cink kiegészítésű kezelés okozta. A 2. ábrán az is megfigyelhető, hogy az emelkedő mészadagok hatására 1000 kg/ha-os kezelésig a talaj foszfor tartalma a kontroll fölé emelkedik, majd a 4000 kg/ha-os kezelésig folyamatosan csökkenve a kontroll mennyiség alá csökken. A 8000 kg/ha-os kezelés hatására ismét kisebb emelkedés figyelhető meg, de ez nem éri el a kontroll értéket. Az emelkedő mészadagok hatására kapott foszfortartalom értékek összefüggése szoros, a korrelációs koefficiens a szignifikancia szintjével, és a másodfokú regressziós egyenlettel a 3. ábrán látható.

*2. ábra* A mész- és mikroelem kiegészítésű kezelések hatása a talaj kéntartalmára
*Figure 2.*

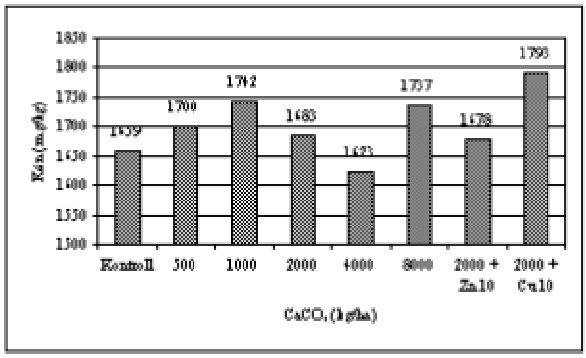


*3. ábra* A növekvő adagú mészkezelések és a talaj foszfortartalmának összefüggés vizsgálata
*Figure 3.*

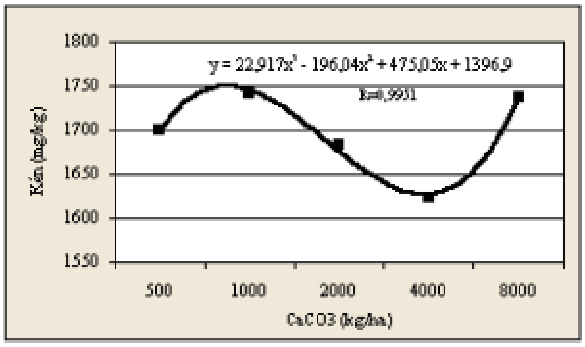



A kén talajban lévő mennyiségének mészkezelés hatására történő változását mutatja a 4. ábra. A kén változása is hasonlóan alakult, mint a foszforé, szignifikáns különbség 10%-os szinten mutatható ki (1. táblázat). Az 5. ábrán látható a növekvő mészadagú kezelések regressziós vizsgálata, az összefüggés harmadfokú egyenlettel írható le. A korrelációs koefficiens P=0,1%-ra igen szoros összefüggést mutat.

*4. ábra* A talaj kéntartalmának változása a mész- és mikroelem kiegészítésű kezelések hatására
*Figure 4.*

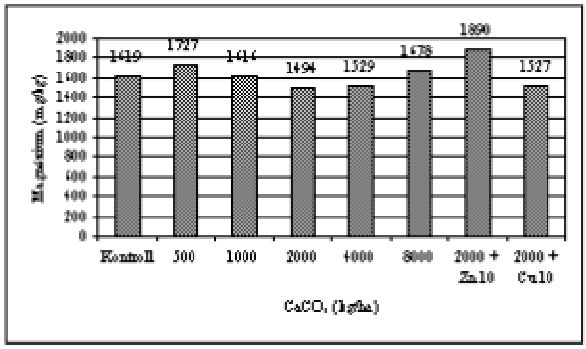



*5. ábra* A növekvő adagú mészkezelések és a talaj réztartalmának összefüggés vizsgálata
*Figure 5.*

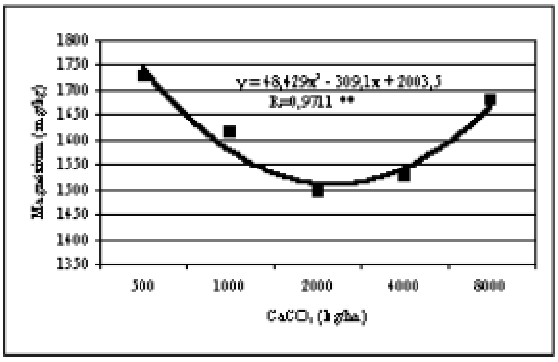



A 6. ábrán a magnézium változása látható a kezelések hatására. A kontrollhoz képest a réz kiegészítésű kezelésnél csökkent le legjobban a talaj magnéziumtartalma, és a cink kiegészítésű emelkedett meg legnagyobb mértékben. A varianciaanalízis során szignifikáns különbség P=0,1%-ra mutatható ki (1. táblázat). Az emelkedő mészadagok és a talaj magnéziumtartalmának regresszió vizsgálata (7. ábra) szintén szoros összefüggést mutat P=1% szignifikancia mellett, az összefüggés másodfokú egyenlettel írható le.

*6. ábra* A mész- és mikroelem kiegészítésű kezelések hatása a talaj magnéziumtartalmára
*Figure 6.*

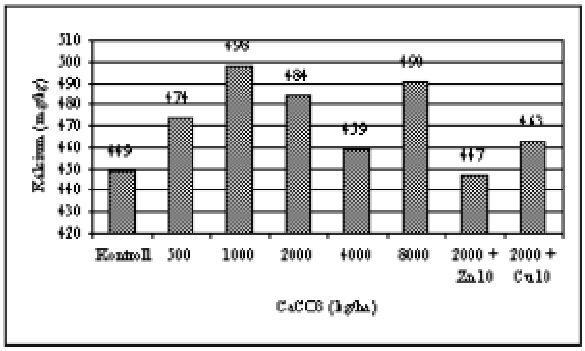



*7. ábra* A növekvő adagú mészkezelések és a talaj magnéziumtartalmának regresszió vizsgálata
*Figure 7.*

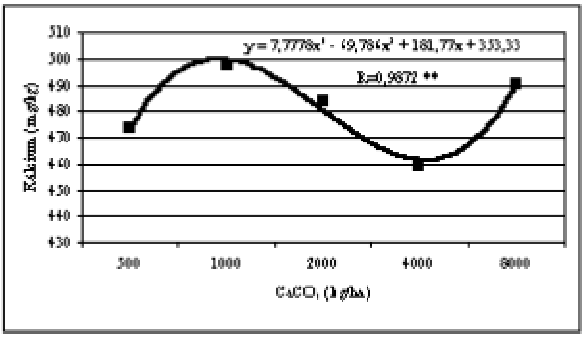



A kalcium talajban lévő mennyisége a kezelések hatására a 8. ábra szerint alakult. A talaj kalcium tartalma a kontrollhoz képest növekedett, az 1000 kg/ha-os kezelés hatására emelkedett legmagasabb mértékben, a cink kiegészítésnél azonban a kontroll alá csökkent. A varianciaanalízis során szignifikáns differencia P=1%-ra mutatható ki (1. táblázat). A növekvő mészadagok és a talaj kalciumtartalma közötti összefüggés harmadfokú egyenlettel írható le, a regresszió vizsgálata szoros összefüggést mutat szintén 1%-os szignifikancia mellett (9. ábra).

*8. ábra* A talaj kalciumtartalmának változása a növekvő mészadagú és mikroelem kiegészítésű kezelések hatására
*Figure 8.*

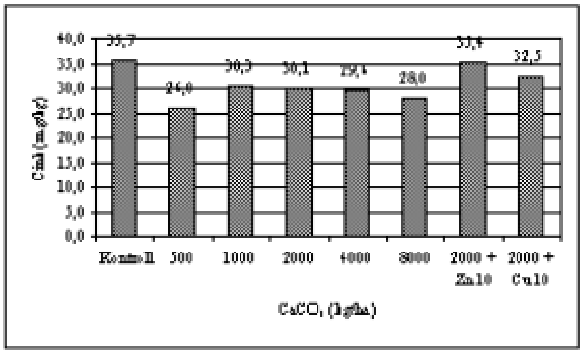



*9. ábra* A növekvő adagú mészkezelések és a talaj kalciumtartalmának összefüggés vizsgálata
*Figure 9.*

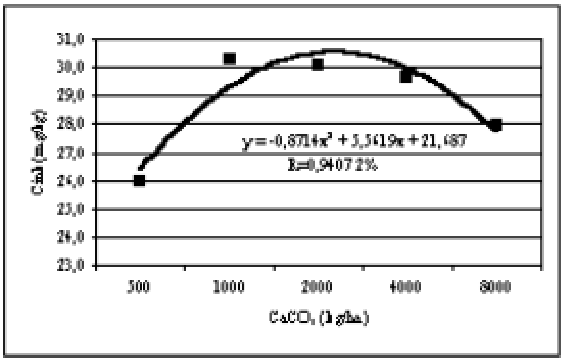



A kontrollhoz képest a cink mennyisége a talajban a mészkezelések hatására minden esetben lecsökkent (10. ábra). A legnagyobb mértékű csökkenés az 500 kg/ha-os mészadagnál tapasztalható. A cink kiegészítésű mészadag esetén is alacsonyabb a talaj cinktartalma 1%-kal, mint a kontroll esetén. A varianciaanalízis szerint 99,9%-os valószínűségi szinten mutatkozik szignifikáns különbség (1. táblázat). A növekvő adagú mészkezelések és a talaj cinktartalma közötti összefüggés másodfokú regressziós egyenlettel írható le, a korrelációs koefficiens P=2%-ra mutat szignifikanciát (11. ábra).

*10. ábra* A talaj cinktartalmának változása a mész- és mikroelem kiegészítésű kezelések hatására
*Figure 10.*

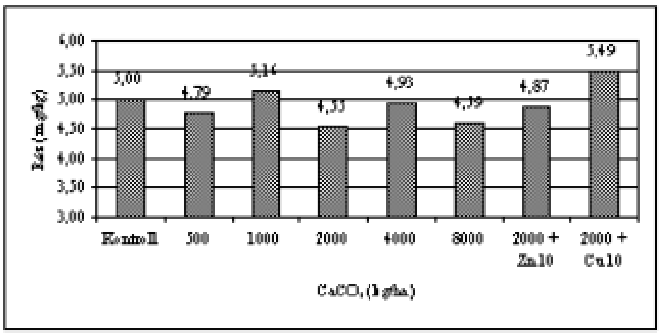



*11. ábra* A növekvő adagú mészkezelések és a talaj cinktartalmának összefüggése
*Figure 11.*



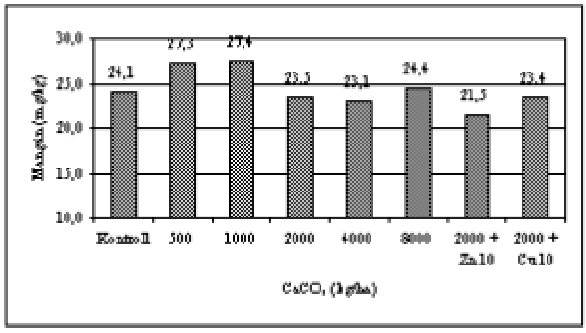

A talaj réztartalmának a mészkezelések hatására bekövetkező változását mutatja a 12. ábra. A réz kiegészítésű kezelésnél emelkedett a talaj réztartalma a kontroll érték fölé, valamint kisebb mértékben az 1000 kg/ha-os mészkezelésnél, a többi kezelésnél pedig ingadozó mértékben csökkent. A kezelések között 95%-os valószínűségi szinten mutatható ki szignifikáns differencia, melynek mértéke az 1. táblázatban látható. A növekvő adagú mészkezelések és a talaj réztartalma között nincs egyenlettel jól jellemezhető összefüggés.

*12. ábra* A növekvő adagú mész- és mikroelem kiegészítésű kezelések hatása a talaj réztartalmára
*Figure 12.*

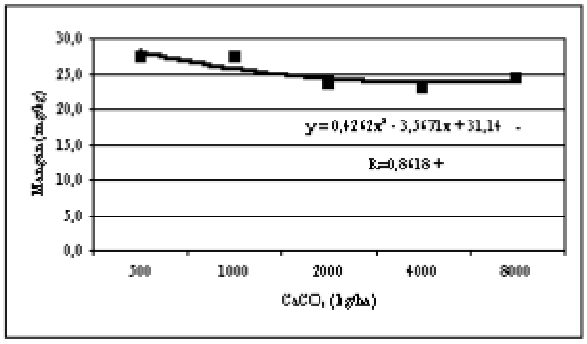



A 13. ábrán látható a talaj mangántartalmában bekövetkező változás a növekvő adagú mészkezelések és a mikroelem kiegészítésű kezelések hatására. A talaj mangántartalma a kontrollhoz képest az 500 és 1000 kg/ha-os kezelések hatására közel azonos mértékben megemelkedett. A további mészadag emelésnél a mangántartalom a kontroll érték alá csökkent. A legnagyobb mértékű mangántartalom csökkenés a cink kiegészítésű kezelésnél figyelhető meg. A kezelések között P=0,1%-os szinten igazolható szignifikáns különbség (1. táblázat). A növekvő adagú mészkezelések és a talaj mangántartalma közötti összefüggés vizsgálatot mutatja a 14. ábra.

*13. ábra* A talaj mangántartalmának változása a mész- és mikroelem kiegészítésű kezelések hatására
*Figure 13.*

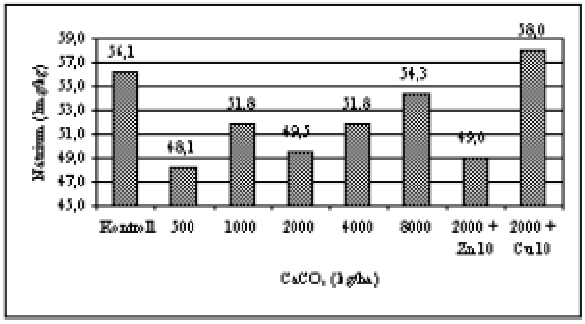



*14. ábra* A növekvő adagú mészkezelések és a talaj mangántartalmának regresszió vizsgálata
*Figure 14.*

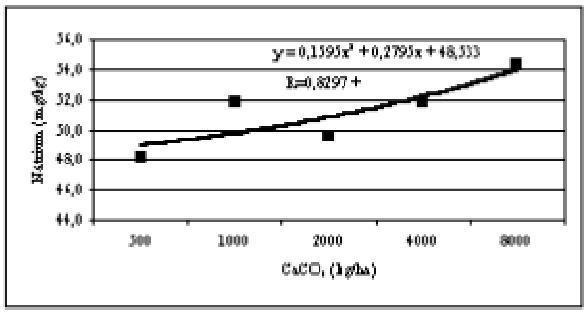



A 15. ábrán a talaj nátriumtartalmának változása látható a kezelések hatására. A réz kiegészítésű kezelés kivételével minden kezelésnél csökkent a talaj nátriumtartalma. A kezelések között 99%-os valószínűségi szinten van statisztikailag igazolható különbség, az 1. táblázat szerint. A növekvő adagú mészkezelés és a talaj nátriumtartalma közötti összefüggés leírására másodfokú függvény alkalmas, a korrelációs koefficiens szorossága közepes P=10%-os szinten (16. ábra).

15. ábra A mész- és mikroelem kiegészítésű kezelések hatása a talaj nátriumtartalmára
Figure 15.




16. ábra A növekvő adagú mészkezelés és a talaj nátriumtartalma közötti összefüggés
Figure 16.



**Irodalomjegyzék**

*Arany, S.* (1956): A szikes talaj és javítása. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. pp.: 68-76.
*Avdonyin, N. SZ.* (1972): Savanyú talajok termékenységének fokozása. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. pp.: 91-117., 239.
Csathó, P. – Kádár, I. – Sarkadi, J. (1989): A kukorica műtrágyázása meszes csernozjom talajon. Növénytermelés **38**, (1) 69-76.
*Don, GY, - Horváth, I. - Scharek, P. - Tóth, GY.* (1998): Földtani monitoring a Szigetközben. A Duna elterelésének hatása az üledékképződésre és a felszín alatti vizekre a Magyar Állami Földtani Intézet Kutatásai alapján. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
*Filep GY.* (1988): Talajkémia. Akadémiai Kiadó, Budapest.
*Fülkey, GY. – Kovács, K.* (1993): A tartós trágyázás hatásai a gödöllői barna erdőtalajon folyó tartamkísérletekben. II. A növények tápanyagtartalma. Növénytermelés. **42,** (3) 53-264.
Hergóczki J. (1996) Mikroelemek dúsítása élesztőkben. Doktori összefoglaló, Budapesti Műszaki Egyetem.
*Kádár I.* (1992): A növénytáplálás alapelvei és módszerei. MTA TAKI, Budapest.
*Kádár I.* (1998): Savanyú talajok meszezésének szükségessége teljeskörű állami támogatással. MTA TAKI, Budapest.
*Kerényi A.* (1995): Általános környezetvédelem. Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged.
*Kőmíves T. - Brunold, C.* (1992): Effects of environmental polluting heavy metals of the growth of corn (Zea mays L.) plants. In: An Interdisciplinary FECS-Conference of European Chemical Societies (FECS) on Environmental Issues "Chemistry For The Protection Of The Environment" - Abstracts, Budapest.
*Marth, P. – Németh, S. – Pálmai, O.* (1996): A meszezés jelentősége, Magyarország talajainak agronómiai mészigénye. Tanulmány. HOL???
*Máté F.* (1997): A talajok savanyúsága és a termékenység. MTA TAKI, Kézirat, Budapest.
*Moser, M. - Pálmai, GY.* (1999): A környezetvédelem alapjai. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
*Murányi, Z. - Papp, L.* (1993): Szőlő, must, bor elemtartalmának vizsgálata ICP-OES módszerrel I. **XXXVI**. MSzV, Lillafüred.
*Nyíri L.* (1993): Földműveléstan. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
Orbon, I. – Jansson, G. – Johnsson, L. – Grennfelt, P. – Rodhe, H. – Thornelhof, E. – Wissniewski, J. (1995) A field study on the influence of soil pH on trace element levels in spring wheat (Triticum aestivum), potatoes (Solanum tuberosum) and carrots (Daucus carota). Acid regin ’95 Procedings from the 5th international conference on acidic deposition: science & policy, Goteborg, Swedwen, **85**, (2) 835-840.
*Ódor, L. - Horváth, I. - Fügedi, U.* (1995): Országos geokémiai felvételek, I. Magyarország geokémiai térképsorozata, II. Regionális környezeti terhelés. Magyar Állami Földtani Intézet, Geokémiai Főosztály. T.:17058
*Papp, S. - Rolf, K.* (1992): Környezeti Kémia. Tankönyvkiadó, Budapest.
*Pokol, GY. - Sztatisz, J.* (1999): Analitikai Kémia I. Műegyetemi Kiadó, Budapest.
*Rácz, L. - Papp, L. - Oldal, V. - Kovács, ZS.* (1997): ICP-AES investigation of some toxic and essential metal count in cultivated mushrooms. VIII. Hungarian - Italian Symposium on Spectrochemistry, Debrecen.
*Schmidt, R. – Szakál, P.* (1998): Talajsavanyodási helyzetkép és megoldások. Pannon Agrártudományi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar, Mosonmagyaróvár.
*Szakál P.* (1992): Using Cu-amine complexes derived from industrial wastes in wheat production. In: An Interdisciplinary FECS-Conference of European Chemical Societies

(FECS) on Environmental Issues "Chemistry For The Protection Of The Environment" - Abstracts, Budapest.
*Szalai Z.* (2000): Szennyező anyagok hatása az ártéri környezetre. Doktori értekezés. ELTE-TTK, Természetföldrajzi Tanszék, Budapest.
*Szántosi, A. – Bukovszky, L.* (1984): Meliorált területek hasznosítása. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
*Várallyai, GY. – Rédly L.-NÉ – Murányi, A.* (1986): A légköri savas ülepedés hatása a talajra Magyarországon. Időjárás **90** 169-180.