

A gabonafélék molibdén felhalmozásának dinamikája karbonátos csernozjom talajon

Burján Zita Kata – Puskás-Preszner Anita – Győri Zoltán – Kovács Béla

Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma
Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar
Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézet, Debrecen
burjan@agr.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Kutatásunk a gabonafélék molibdén felhalmozásának vizsgálatával foglalkozik, a Kádár Imre és munkatársai által 1991-ben Nagyhőrcsökön beállított szabadföldi kísérletből származó talaj- és növényminták elemzésén keresztül.

Vizsgálataink során kukorica, őszi búza, őszi árpa és talajmintákat elemeztünk. A mérések alapján az alábbi következtetéseket lehet levonni:

- Az 1991-ből származó talajminták (0–20 cm) elemzése azt mutatta, hogy a kijuttatott dózisok molibdéntartalmának körülbelül a fele, a legnagyobb adag esetében pedig valamivel több, mint negyede jelent meg a talajban NH_4 -acetát+EDTA oldható formában.
- A kukoricaszem- és levélminták elemtartalmának összehasonlításából kiderült, hogy a molibdén a vegetatív részekben dúsult fel nagyobb mértékben.
- Az őszi búza vegetatív részeiben a molibdén kevésbé halmozódott fel, mint a kukoricában. Összehasonlítva az őszi búzát az őszi árpával, a búzában fele akkora volt a mért molibdén-koncentrációk. A molibdén dúsulásának mértéke tehát a búzában volt a legkisebb.

Kulcsszavak: szabadföldi kísérlet, talajterhelés, molibdéntartalom, kukorica, őszi búza, őszi árpa

SUMMARY

This work is about the molybdenum-accumulation of cereals analyzing soil and plant samples from a field experiment set in Nagyhőrcsök by Kádár et al. in 1991.

In this long-term field experiment different levels of soil contamination conditions are simulated. Soil and plant samples were collected from the experiment station to study the behaviour of molybdenum.

In this report results of maize, winter wheat, winter barley and soil analysis are presented. The conclusions are as follows:

- Analysing soil samples from 1991 we have found that roughly half of the molybdenum dose applied is in the form of NH_4 -acetate+EDTA soluble
- Comparing element content of grain and leaf samples we have experienced that molybdenum accumulation is more considerable in the vegetative plant parts
- Winter wheat accumulated less molybdenum than maize in its vegetative parts. Comparing molybdenum content of winter wheat to winter barley we found that the concentration of the element in wheat was lower by half than in the winter barley. It seemed that molybdenum accumulated to the least degree in winter wheat.

Keywords: field experiment, molybdenum content, maize, winter wheat, winter barley

BEVEZETÉS, IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Kutatásunk célja a gabonafélék molibdén-felhalmozásának megfigyelése volt, szántóföldi kísérletből származó minták elemzésén keresztül. A szántóföldi kísérletek jelentősége abban rejlik, hogy a talaj–növény–klíma rendszerének körülményei között, természetes környezetben és éghajlaton, eredeti vízellátottsági viszonyok mellett, természetes szerkezetű talajokon zajlanak. Hátrányuk, hogy eredményüket állandóan változó tényezők befolyásolják, mint például az időjárás. Ebből kifolyólag több évre van szükség következtetések levonásához. Mindemellett sok olyan kérdés van, amelynek megoldása csak ezzel a módszerrel lehetséges (Debreczeni, 1979). Kádár (2000) véleménye szerint a talaj–növény elemforgalmat csak trágyázási tartamkísérletekben tanulmányozhatjuk átfogóan.

A gabonafélék fontos ásványianyag forrást jelentenek az emberek számára (Zhao et al., 2009). A kémiai elemek a különböző növényekben, és azok szerveiben (szem, szár, gyökér, levél, stb.) más és más mennyiségben vannak jelen (Debreczeni, 1979; Pais, 1980). Ezen elemek egy része a növényi táplálkozás szempontjából nélkülözhetetlen, míg mások csak egyes fajok számára fontosak, illetve jelentőségük még nem ismert, emellett vannak, amelyek toxikus hatásúak az élőlényekre nézve (Pais, 1980). Általában minden vizsgált elemre igaz, hogy legkevésbé a növények magjában halmozódik fel, amely genetikailag védett (Kádár és Daood, 2001). Az elemek növényi szervekben mérhető koncentrációját és növénybeli eloszlását a genetikai adottságok mellett számos környezeti tényező is befolyásolja (Bergmann, 1988; Debreczeni, 1979; Sarkadi, 1975). A fajlagos elemtartalom a talaj elemkínálatától függően is változhat (Kádár, 2000). Mivel az állati és az emberi szervezet a számára szükséges ásványi elemekhez – közvetve, vagy közvetlenül – növények elfogyasztásán keresztül jut hozzá, a növények pedig, a talajból veszik fel a szükséges tápanyagokat, a talaj a tápláléklánc kiinduló pontjának

tekinthető (Pais, 1999). A fémek elemek több száz évig tartózkodhatnak a talajban, ezáltal veszélyeztetik az ember és az állatok egészségét (Zaccone et al., 2010). Az ásványi anyagok geológiai-, és biokémiai körforgalmának, továbbá táplálékláncban betöltött szerepének vizsgálatát eddig még fel nem tárt szerepük is indokoltta teszi (Lásztity és Csathó, 2001).

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálataink alapjául szolgáló minták az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet nagyhorcsöki telepén Kádár Imre és munkatársai által beállított kísérletből származnak. Nagyhorcsök Magyarország dunántúli részén, Fejér megyében található, Sárboárdtól ÉNy-i irányban. A terület Ny-Mezőföld Bozót-Sárvíz közti löszhát geomorfológiai tájrészében helyezkedik el, 140–150 m tengerszint feletti magasságon. Éghajlata napsütésben gazdag, csapadékban szegény, aszályra hajlamos. Talaja 15–20 m vastagságú löszön képződött karbonátos csernozjom, amelynek mechanikai összetétele az egész talajszelvényben többnyire állandó. A szántott réteg CaCO_3 tartalma 5% körüli, humusztartalma 3%. Agyagásványainak csaknem fele illit, harmadrésze klorit, kisebb része szmektit. Fizikai talajfélesége vályog, az agyagfrakció 20%, a leiszapolható rész 40%. A talaj bázikus kationokkal telített. A kicserélhető kationok mennyisége jelentős, a Ca 80%, a Mg 16%, a K 3%, a Na 1%-ban van jelen. Az oldható sók mennyisége növénytermesztési szempontból elhanyagolható. Szántott rétegében a pH(KCl) 7,3. A 15 m mélyen lévő talajvizet felszíni kilúgzással való szennyeződés veszélye nem fenyegeti. A szántott réteg hajlamos nagyfokú felszíni tömörödéssé, cserepedésre. A kísérlet összes területe 4192 m². A telepen 104 db 21 m²-es parcellát alakítottak ki, amelyeket 1 m-es utak határolnak. Azért volt szükség 104 egységre, mert a 13 vizsgált elem mindegyike 4 különböző adagban, és két ismétlésben került kijuttatásra. (13×4×2=104). A parcellák teljes területe 2184 m². Az egyes mikroelemek (Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, Zn) sójával egyszer, 1991. tavaszán terhelték a talajokat 0 vagy 30, 90, 270, és 810 kg/ha mennyiségekben. A molibdén esetében az alkalmazott só $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ volt, ami a molibdént 54,34%-ban tartalmazza. Ezen kívül évente sor került alaptrágyázásra is, ammónium-nitrát, szuperfoszfát és kálió formájában, ami 100 kg N, 100 kg P₂O₅, és 100 kg K₂O hatóanyag kijuttatását jelentette hektáronként.

A területre minden évben más növény került. Az általam vizsgált minták kukorica, őszi búza és őszi árpa növényekből származtak. A Pi SC 3732 kukorica hibridet a kísérlet beállításának évében – 1991. május 22-én vetették el. A tőszámot 110 ezer db/ha körülire állították be, ezzel kompenzálva a kései vetés, és a talajterhelés esetleges negatív hatásait. A betakarításra 1991. november 25-én került sor. Az MV-21 fajtájú őszi búza magjai 1996. október 15-én kerültek a talajba, 5 cm mélyre. Egy folyóméterre 65–70 db növény jutott. Előveteménye spenót volt. Az aratás 1997. július 24-én történt. Az őszi árpa vetése 1999. szeptember 30-án történt. Ezen az esetben Plaisant fajtát használták. Az árpát 65–70 db folyóméterenkénti csíraszámmal, 4–5 cm mélyre vetették. Betakarítása 2000. június 20-án volt. Az őszi árpa sóska előveteményt követett.

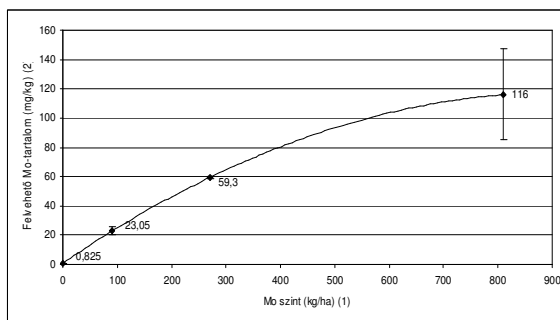
A kísérleti terület szántott rétegből (felső 20 cm) minden évben mintát vettek, ami parcellánként 20–20 pontmintát jelentett, amelyeket azután egyesítettek. A növények esetében parcellánként 20–40 egyedből képeztek átlagmintát. A jelen tanulmányban vizsgált kukorica levél mintákat címerhányáskor vették, 1991. augusztus 8-án, a többi vizsgált minta az adott növény betakarításának időpontjából származik. Száritást követően ezeket finomra darálták. A minták elemtartalmának meghatározása induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométer (ICP-OES) és induktív csatolású tömeg spektrométer (ICP-MS) berendezésekkel történt. A méréseket a minták oldatba vitele előzte meg, a növényi minták esetében HNO₃-H₂O₂-os nedves roncsolás formájában (MSZ-08-1783-35:1985), amikor is az összes elemtartalom került meghatározásra, a talajmintákat pedig Lakanen és Erviö (1971) módszere szerint ammónium-acetát+EDTA oldat jelenlétében rázattuk.

EREDMÉNYEK

Ahhoz, hogy megtudjuk, mekkora a növények számára rendelkezésre álló molibdénmennyiség a kijuttatott ammónium-heptamolibdát-tetrahidrát hatóanyag-mennyiséghez képest, szükség volt a talajminták ammónium-acetát+EDTA oldható elemtartalmának mérésére, a növények ugyanis a tápanyagokat (elsősorban) a talajoldatból veszik fel.

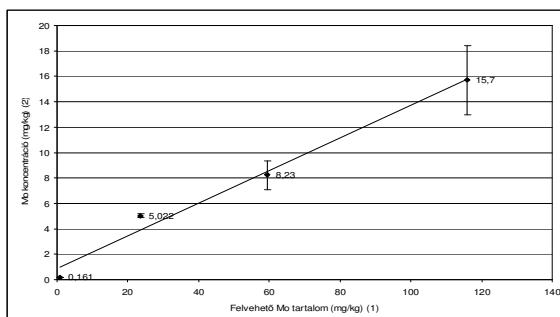
Az 1. ábra a talajminták ammónium-acetát+EDTA oldható molibdén-koncentrációját mutatja be az elemmel való terhelés függvényében. Az ábrán minden esetben felvehető Mo-tartalom (mg/kg) elnevezésű skála jelöli a talaj növények számára hozzáférhető molibdénkészletét. A minták a talaj felső 20 cm-es rétegéből származnak. A diagramokon minden esetben az azonos dózissal terhelt parcellákról származó minták mérési eredményeinek átlaga szerepel. Az első megjelölt érték a talaj szennyezés előtti állapotát mutatja. A többi feltüntetett értékből az derül ki, hogy 90 kg-os terhelésnél az oldható elemtartalom jelentősen megnövekedett (23,05 mg/kg), a kijuttatott hatóanyag-mennyiségnek közel harmadát tette ki, a harmadik terhelési szintnél pedig az adagot megháromszorozva csaknem megduplázódott, értéke 59,3 mg volt kilogrammonként. 810 kg/hektáros kijuttatott hatóanyag-mennyiség hatására az ammónium-acetát+EDTA oldható molibdéntartalom mennyisége 116 mg/kg volt, tehát az előző értékhez viszonyítva több mint kétszeresére emelkedett, a kijuttatott adagnak viszont csak egy heted részét tette ki. A diagram alapján összességében elmondható, hogy a hatóanyag-mennyiség növelésével az ammónium-acetát+EDTA oldható molibdéntartalom is nőtt, de azzal nem azonos mértékben.

1. ábra: A talaj felvehető molibdéntartalma Mo terhelés hatására (1991 Nagyhörcsök)


 Figure 1: Available molybdenum content of soil depending on Mo load (1991 Nagyhörcsök)
 Mo levels (kg ha^{-1})(1), Available Mo content (mg kg^{-1})(2)

A kukoricaminták vizsgálata azért volt érdekes a kísérlet szempontjából, mert a szennyezést követően ez a növény került elsőként a területre. A 2. ábra a kukoricaszem molibdén-koncentrációjának változását mutatja a növények számára hozzáférhető molibdéntartalom függvényében. A diagramon elsőként feltüntetett érték a terhelés nélküli, a kukoricaszemben normál esetben mérhető állapotot reprezentálja. Az ábra jól szemlélteti, hogy a kijuttatott hatóanyag-mennyiség növelésével a kukoricaszemben mérhető molibdén-koncentráció is emelkedik. Már a második terhelési szint (90 kg/ha) mintáiban mért értékek is egy nagyságrenddel nőttek a kontrollhoz képest, a 810 kg/ha-os terhelési szint mellett kapott eredmény pedig meghaladta a 15 mg/kg-ot. Ez igen magas koncentrációnak számít, ha figyelembe vesszük, hogy szakirodalmi adatok szerint a növények átlagos molibdéntartalma 0,3–1,5 mg/kg (Pais, 1999), a mért érték pedig több, mint a megadott intervallum felső határának 10-szerese.

2. ábra: A molibdéntartalom alakulása a kukoricaszemben Mo terhelés hatására


 Figure 2: Change of Mo content in maize grains depending on Mo load
 Available Mo content (mg kg^{-1})(1), Mo concentration (mg kg^{-1})(2)

A 3. ábrán a kifejlett kukoricánövény levelében mért koncentrációk láthatóak. Az ábrából kitűnik, hogy a hatóanyag mennyiségének növelése – a könnyen oldható molibdéntartalom növekedésén keresztül – ebben az esetben is a koncentráció növekedését eredményezte a vizsgált növényi részben, de ha megnézzük az ábrán feltüntetett értékek alakulását, látható, hogy a molibdéndúsulás intenzitása fokozatosan csökken. Másik szembetűnő dolog, hogy a kukoricalevél esetében kapott értékek a kukoricaszemben mértekhez képest egy, esetenként két nagyságrenddel nagyobbak. A molibdén tehát elsősorban a vegetatív részekben halmozódott fel.

A következő vizsgált gabonanövény az őszi búza volt. Ebben az esetben a molibdéndúsulás dinamikáját a 4. ábra szemlélteti, szalma+pelyva mintákban mért eredményeken keresztül. Amint azt a görbe is mutatja, a kijuttatott adagok növelésével – a kukoricához hasonlóan – az őszi búza növény molibdén-tartalma is növekedett, ebben az esetben is csökkenő intenzitással. Az őszi búza vegetatív részeiben viszont megközelítőleg 4-szer alacsonyabbak a mért értékek, mint azok a koncentrációk, amelyekkel a kukoricalevél elemzésénél találkoztunk. A különbség egyik oka az lehet, hogy a kukorica a kísérlet beállításának évében került a területre, azaz a búzánál hat évvel korábban, tehát valószínűleg az oldható elemtartalom csökkenése is befolyásolta az elemfelvételt. A másik lehetséges ok, hogy a kukorica az őszi búzáénál nagyobb fitoextrakciós hajlandósággal rendelkezik. Fitoextrakciónak azt a folyamatot nevezzük, amelynek során a növények gyökérzetükön keresztül felveszik, majd felhalmozzák szöveteikben a szennyező anyagokat, elsősorban a nehézfémeket (Blaylock és Huang, 2000).

3. ábra: A molibdéntartalom alakulása kukoricalevélben Mo terhelés hatására

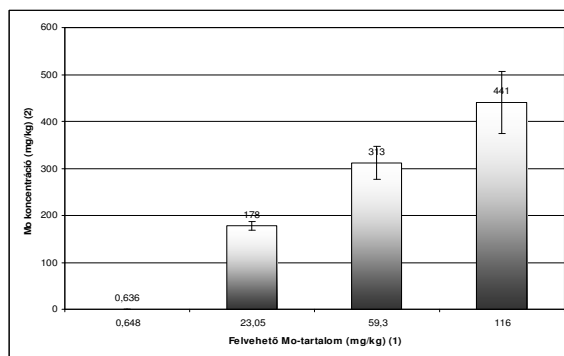


Figure 3: Change of Mo content in maize leaves depending on Mo load
Available Mo content (mg kg^{-1})(1), Mo concentration (mg kg^{-1})(2)

4. ábra: Őszi búza szalma+plyva molibdén-koncentrációjának változása a könnyen oldható molibdéntartalom függvényében

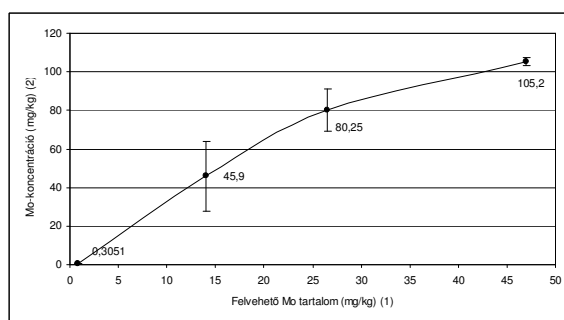


Figure 4: Change of Mo content in winter wheat (straw+chaff) depending on available molybdenum content of soil
Available Mo content (mg kg^{-1})(1), Mo concentration (mg kg^{-1})(2)

A 5. ábra az őszi búza molibdénfelvételének dinamikáját az őszi árpa szalma+plyva mintákban mért koncentrációkkal összevetve mutatja be. A diagramon az összehasonlíthatóság érdekében a növényi minták eredményei a kijuttatott hatóanyag-mennyiség függvényében kerültek feltüntetésre, mivel a felvehető molibdén mennyisége eltérő volt a két különböző évben természetű növény esetében. A terhelés növelésével a molibdén-koncentráció mindkét növény vegetatív részeiben emelkedett, de eltérő mértékben. Az őszi árpa elemfelvétele intenzívebbnek bizonyult, tehát az őszi búza ebben az esetben is „alulmaradt”. Ha a különböző terhelési szinteken összehasonlítjuk a két növényben mért koncentrációkat, láthatjuk, hogy az őszi árpa mintáiban mért értékek az őszi búzában kimutatott molibdénmennyiségnek körülbelül kétszeresét teszik ki.

5. ábra: A molibdéntartalom alakulása őszi búza (szalma+plyva) és őszi árpa (szalma+plyva) mintákban

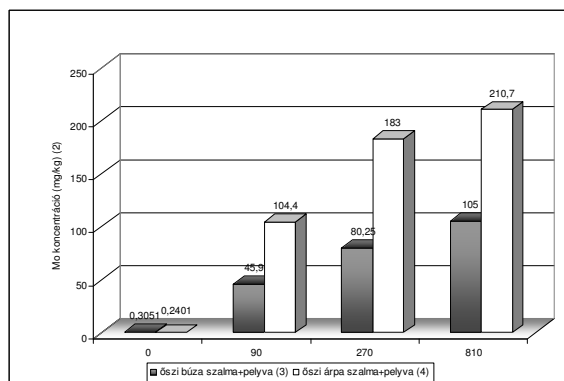


Figure 5: Change of Mo content in samples of winter wheat (straw+chaff) and winter barley (straw+chaff)
Mo levels (kg ha^{-1})(1), Mo concentration (mg kg^{-1})(2)

KÖVETKEZTETÉSEK

A talajminták vizsgálata során az ammónium-acetát+EDTA oldható elemtartalom alakulását figyeltük meg a kijuttatott dózisok függvényében. Az 1991-es feltalaj minták ammónium-acetát+EDTA oldható elemtartalmának vizsgálata során kiderült, hogy a kijuttatott dózisok molibdéntartalmának körülbelül a fele, a legnagyobb adag esetén pedig valamivel több, mint negyede jelent meg a talajban a növények számára is felvehető formában, ha figyelembe vesszük, hogy a kijuttatott molibdén-só az elemet 54,34%-ban tartalmazta. (Az ezen felüli rész erősen kötött formában volt jelen.)

A molibdén talajbeli viselkedésének elemzése után a növénymintákban mért koncentrációk alakulásából levont következtetéseimet vesszük számba. A kukorica esetében a szem- és levélminták eredményei alapján kiderült, hogy a terhelési szint növelésével az ezekben mért molibdén-koncentráció is emelkedett. A kukoricalevél minták eredményei esetenként két nagyságrenddel nagyobbak bizonyultak a szemben mértekénél, tehát a molibdén nagyobb mértékben a növények vegetatív részeiben halmozódott fel. Ezen növényi részek molibdéntartalma sokszorososa volt a megszokottnak, ami szakirodalmi adatok szerint 0,3–1,5 mg/kg (Pais, 1999).

Az őszi búza vegetatív részeiben hasonlóan alakult a molibdén-felhalmozódás dinamikája, mint a kukorica esetében, azzal a különbséggel, hogy az őszi búzában mért értékek a kukorica minták eredményeinek mindössze negyedét tették ki. Összehasonlítva a növényt az őszi árpával, a búzában fele akkorák voltak a mért koncentrációk. A molibdéndúsulás tehát a három vizsgált növény közül a kukoricában volt a legintenzívebb, ezt követte az őszi árpa, végül pedig az őszi búza. Ennek ellenére mégsem tartom javasolhatónak az ilyen búza élelmiszeripari felhasználását. Mivel búzalisztből készült élelmiszereket nap, mint nap fogyasztunk, az elem feldúsulhat szervezetünkben, ami egészségügyi problémák kialakulását segítheti elő. Azokon a területeken ugyanis, ahol a talajok magas molibdéntartalma miatt az elem napi felvétele eléri a 10–15 mg-ot, a köszvényeszerű megbetegedések aránya elérheti a 18–30%-ot, ami normális esetben 1–4% körüli. (Takács, 1991).

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció elkészítését a TÁMOP 4.2.1./B-09/1/KONV-2010-0007 és a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0024 számú projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

IRODALOM

- Bergmann, W. (1988): Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. VEB. Gustav Fischer Verlag. Jena.
- Blaylock, M. J.–Huang, J. W. (2000): Phytoextraction of metals. [In: Raskin, I.–Ensley, B. D. (eds.) Phytoremediation of Toxic Metals. Using Plants to Clean Up the Environment.] John Wiley & Sons Inc. New York. 53–70.
- Debreczeni B. (1979): Kis agrokémiai útmutató. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Kádár I. (2000): Az őszi árpa (*Hordeum vulgare* L.) tápelemfelvétele karbonátos csernozjom talajon. Növénytermelés. 49. 5: 547–559.
- Kádár I.–Daoud, H. (2001): Mikroelem-terhelés hatása a búzára karbonátos csernozjom talajon. Agrokémia és Talajtan. 50. 3–4: 353–370.
- Lakanen, E.–Erviö, R. (1971): A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. Acta Agr. Fenn. 123: 223–232.
- Lásztity B.–Csathó P. (2001): Néhány nem esszenciális mikroelem koncentráció- és felhalmozás dinamikája őszi árpában. Növénytermelés. 50. 5: 549–557.
- MSZ-08-1783-35:1985. Nagyteljesítményű műszersorok alkalmazása a növényvizsgálatokban. Növényi anyagok molibdéntartalmának mennyiségi meghatározása ICP módszerrel. Magyar Szabványügyi Testület. Budapest.
- Pais I. (1980): A mikrotápanyagok szerepe a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Pais I. (1999): A mikroelemek jelentősége az életben. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Sarkadi J. (1975): A műtrágyaigény becslésének módszerei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Takács S. (1991): Környezet, ember, mikroelemek. TRIORG Kft. Budapest.
- Zacccone, C.–Di Caterina, R.–Rotunno, T.–Quinto, M. (2010): Soil – farming system – food – health: Effect of conventional and organic fertilizers on heavy metal (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) content in semolina samples. Soil & Tillage Research. 107: 97–105.
- Zhao, F. J.–Su, Y. H.–Dunham, S. J.–Rakszegi, M.–Bedo, Z.–McGrath, S. P.–Shewry, P. R. (2009): Variation in mineral micronutrient concentrations in grain of wheat lines of diverse origin. Journal of Cereal Science. 49: 290–295.