

A nagyhőrcsöki szabadföldi kísérletből származó talajminták molibdén- és szeléntartalmának vizsgálata

Kovács Béla[®]

Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Élelmiszertudományi Intézet,
Debrecen, Magyarország
E-mail: kovacs@agr.unideb.hu

Beérkezett: 2025. május 2.; elfogadva: 2025. május 27.

Összefoglalás

A Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézetének nagyhőrcsöki kísérleti telepén végzett mikroelem-terhelési kísérletben molibdén- és szelénkezelésű parcellák feltalajmintáinak elemzésére került sor. A minták összes és növények számára felvehető elemkoncentrációját $\text{HNO}_3\text{--H}_2\text{O}_2$ roncsolással, illetve Lakanen–Erviö-kivonással határoztuk meg. A molibdénkezeléseknél azonos éven belül szignifikáns különbségek mutatkoztak, míg eltérő évekből származó, azonos adagolású kezelések között nem volt szignifikáns eltérés. A szeléntartalom folyamatosan csökkent. A kivonható arány Mo esetén 18–59%, Se esetén 14–90% volt.

Kulcsszavak: molibdén, szelén, Nagyhőrcsök, szabadföldi kísérlet, talajminta

Study of molybdenum and selenium content in soil samples from the Nagyhőrcsök field experiment

Béla Kovács

University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management,
Institute of Food Science, Debrecen, Hungary

Summary

Soil samples from ploughed layer were analysed from plots treated with molybdenum and selenium in the microelement loading field experiment established at the Nagyhőrcsök Experimental Station of the Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry. The total Mo and Se contents were determined using $\text{HNO}_3\text{--H}_2\text{O}_2$ wet digestion, while plant-available concentrations were assessed by Lakanen–Erviö extraction.

In the molybdenum-treated plots, statistically significant differences were generally observed in molybdenum content between treatments applied in the same year, whereas no significant differences were found among treatments of the same molybdenum level applied in different years. Based on the results, it was established that following the setup of the field trial in 1991, the selenium content of the topsoil decreased continuously and significantly over time.

To estimate the plant-available molybdenum and selenium contents, the concentrations measured in the Lakanen–Erviö extract were used. The trends in extractable molybdenum and selenium closely followed those of total concentrations. In percentage terms, 18–59% of the total molybdenum and approximately 14–90% of the total selenium were present in a mobile, plant-available form. No clear pattern was observed in the ratios; however, lower molybdenum application rates tended to result in higher proportions of plant-available molybdenum, while for selenium, the opposite trend was found, with higher doses yielding higher relative extractable selenium levels.

Keywords: molybdenum, selenium, Nagyhőrcsök, field experiment, soil sample

Bevezetés

A talaj–növény-rendszerben a potenciálisan toxikus elemek közül az anionos formájúak (oxoanionok) – mint például az arzén, króm, molibdén és szelén – a semleges vagy gyengén lúgos kémhatású talajokban általában mobilisabbak, mint a kationos formában megjelenő szennyező elemek. Magyarországon a három leggyakrabban előforduló talajtípus a csernozjom (22%), a barna erdőtalajok (34%), valamint az öntés- és lejtőhordalék-talajok (11%), amelyek semleges vagy gyengén lúgos pH-val rendelkeznek. Főként ezeknél a pH-értékeknél kell számolnunk a fenti oxoanionok jelentősebb mobilitásával.

A fenti megfontolások alapján csatlakoztam a Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete (MTA TAKI), jelenleg HUN-REN ATK Talajtani Intézet (TAKI) nagyhorcsöki kísérleti telepén 1991-ben beállított szabadföldi kísérlethez. Dr. Kádár Imre javaslatára a szelén és a molibdén (mint oxoanionok) talajbeli viselkedésének tanulmányozásával kapcsolódtam be a munkába. Az oldható, továbbá az összes molibdén- és szeléntartalom értékelését végeztem el a fenti szabadföldi kísérlet feltalaj-talajmintáinak vizsgálatával.

A kutatás fő kérdései a következők voltak. Hogyan alakul a mintavételi években a nagyhorcsöki szabadföldi kisparcellás mikroelem-terhelési kísérlet feltalajmintáinak összes molibdén- és szeléntartalma? Szintén a kutatás kérdése volt, hogy a talajminták összes molibdén- és szeléntartalmának hány százaléka, milyen aránya hozzáférhető a növények számára (oldható Mo- és Se-tartalom)?

A molibdén előfordulása a talajokban

A molibdén átlagban $1,5\text{--}1,8\text{ mg kg}^{-1}$ koncentrációban fordul elő a talajokban, míg ennek tartománya $0,1\text{--}7\text{ mg kg}^{-1}$ (Kabata-Pendias–Szteke 2015). Kabata-Pendias és Szteke szerint a molibdénkoncentráció általában a homokos podzolos talajok $1,3\text{ mg kg}^{-1}$ értékétől az agyagbemosódásos barna erdőtalajok $2,8\text{ mg kg}^{-1}$ értékéig terjed (Kabata-Pendias–Szteke 2015). Az európai altalajok molibdéntartalma De Vos és Tarvainen szerint széles intervallumban változik ($0,1\text{--}17,2\text{ mg kg}^{-1}$), míg a feltalajok molibdéntartalmának tartománya $0,1\text{--}21,3\text{ mg kg}^{-1}$ (De Vos–Tarvainen 2006). Hazánk talajainak molibdéntartalma $0,3\text{--}4,0\text{ mg kg}^{-1}$. Homoktalajaink molibdéntartalma a legalacsonyabb ($0,34\text{--}0,50\text{ mg kg}^{-1}$) (Győri 1984; Ráthonyi–Várallyai–Kovács 2010).

A talajokban előforduló nagyobb molibdéntartalmat a különböző típusú ipari szennyezések okozzák. Bizonyos szennyvíziszapok molibdéntartalma akár 50 mg kg^{-1} is lehet (Kabata-Pendias 2011). A Holland Lista a szennyezett talajok molibdénkoncentrációjának beavatkozási határértékeként 2000-ben még 200 mg kg^{-1} értéket adott meg, míg 2013-ban már csak 190 mg kg^{-1} értéket (The New Dutch List 2000; Soil Remediation Circular 2013).

Kabata-Pendias és Mukherjee szerint a kevésbé szellőző, emellett kénben gazdag környezetben lévő üledékekben akár olyan Mn–Fe-konkréciók találhatók, amelyek molibdént képesek felhalmozni, megközelítőleg 500 mg kg^{-1} koncentrációban (Kabata-Pendias–Mukherjee 2007). De találtak olyan helyeket is, ahol a Mn–Fe-konkréciók legfeljebb 2000 mg kg^{-1} molibdéntartalmat tudtak kialakítani.

A szelén előfordulása a talajokban

Földünk talajainak szeléntartalma Takács szerint $0,1\text{--}10\text{ mg kg}^{-1}$ (Takács 2001). Szelénhiányos területeken $0,005\text{--}2,0\text{ mg kg}^{-1}$, míg egyes, szelénben gazdag talajokban – úgynevezett seleniferous talajokban – akár több száz mg kg^{-1} értéket is mértek (Kádár 1998). A termőtalajok világátlaga $0,4\text{ mg kg}^{-1}$; hazai talajaink $0,3\text{--}0,6\text{ mg kg}^{-1}$ szelént tartalmaznak (Simon 1999).

A legmeghatározóbb a talaj talajképző közege, továbbá az éghajlati viszonyok, főként a csapadék mennyisége is befolyásoló tényezőként jelennek meg. Száraz talajokban nagyobb szelénértéket mértek (Kaur et al. 2014). Azokon a területeken, ahol a magas szeléntartalmú talaj 500 mm -t meg nem haladó csapadékkal párosul, ott a talajban akár potenciálisan toxikus szelénkoncentrációk is megjelenhetnek. A fenti három fő tényezőn – és a vulkáni tevékenységen – kívül egyéb antropogén tevékenységek is hozzájárulhatnak a szeléntartalom kialakulásához (például a bányameddő és a dréncövek használata a mezőgazdaságban, különböző műtrágyák és talajvíz használata a növénytermesztéshez, a szén elégetésével előálló hamu, továbbá a háztartási hulladékok), ami szeléntoxicitást is eredményezhet (Dhillon–Dhillon 2003). A szelénvegyületek biológiai metilációja – főként anaerob baktériumok közreműködésével – szintén nagymértékben befolyásolja az adott vegyület párolgási viszonyait (Kabata-Pendias–Szteke 2015).

A talajokban viszont nemcsak kis szelénkoncentrációk lehetnek, hanem nagyok is. Nagyobb szeléntartalmak általában azokban a talajokban figyelhetők meg, amelyek nagy vas- vagy agyagtartalmúak, vagy amelyek talajképző kőzetet már eredetileg is nagy szelénkoncentráció jellemezte (Kabata-Pendias–Szteke 2015). Mayland és szerzőtársai szerint a szelénben gazdag talaj szelénkoncentrációja általában $5\text{ és }1200\text{ mg kg}^{-1}$ között van (Mayland et al. 1989).

Vizsgálati anyag és módszer

A HUN-REN ATK Talajtani Intézet (TAKI) nagyhorcsöki kísérleti telepe Fejér vármegye déli részén, Sárboárdtól mintegy 20 km -re északnyugatra fekszik. A kísérleti telep az Alföld nagy tájának a Dunántúlra eső Mezőföld részén helyezkedik el.

A kísérlet 1991 tavaszán lett beállítva 21 m^2 területű parcellákkal, amelyeket a jó megközelíthetőség és a talajáthordás megakadályozása érdekében körben 1 méter

széles utak határoltak. Az osztott parcellás elrendezésben a vizsgált mikroelemek (Mo és Se) jelentették a főparcellát, a négy terhelési szint az alparcellát, két ismétlésben. A kísérleti kezeléseket, az alkalmazott sók formáit és adagjait az 1. táblázat ismerteti (Kádár 2012). A nagyhorcsöki kísérlet feltalajának alapparaméterei, valamint a nagyhorcsöki kísérleti telepen mért meteorológiai adatok összefoglalóan Kádár 2012-es publikációjában találhatók meg.

1. táblázat | A kísérletben 1991-ben egyszer alkalmazott terhelési kezelések

Elem jele	Adagolás 1991 tavaszán (kg ha ⁻¹)				Alkalmazott sók formája
Mo	0	90	270	810	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O
Se	30	90	270	810	Na ₂ SeO ₃

Forrás: Kádár, 2012

A talajminták analitikai vizsgálatainál a talaj „összes” elemtartamának meghatározásához az általam kidolgozott minta-előkészítő eljárás szerint végeztük a nedves roncsolást (Kovács et al. 2000). A talajok növények számára felvehető (oldható) molibdén- és szeléntartamának meghatározásához Lakanen–Erviö-féle kivonószert alkalmaztunk az MSZ 21470-50:2006 szabvány előírásainak megfelelően. A fentiek szerint előkészített extrahált és roncsolt minták elemtartamának meghatározásához induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométert használtunk (Perkin Elmer gyártmányú, Optima 3300 DV típusú ICP-OES), a kisebb koncentrációk elemzéséhez pedig egy Thermo Elemental gyártmá-

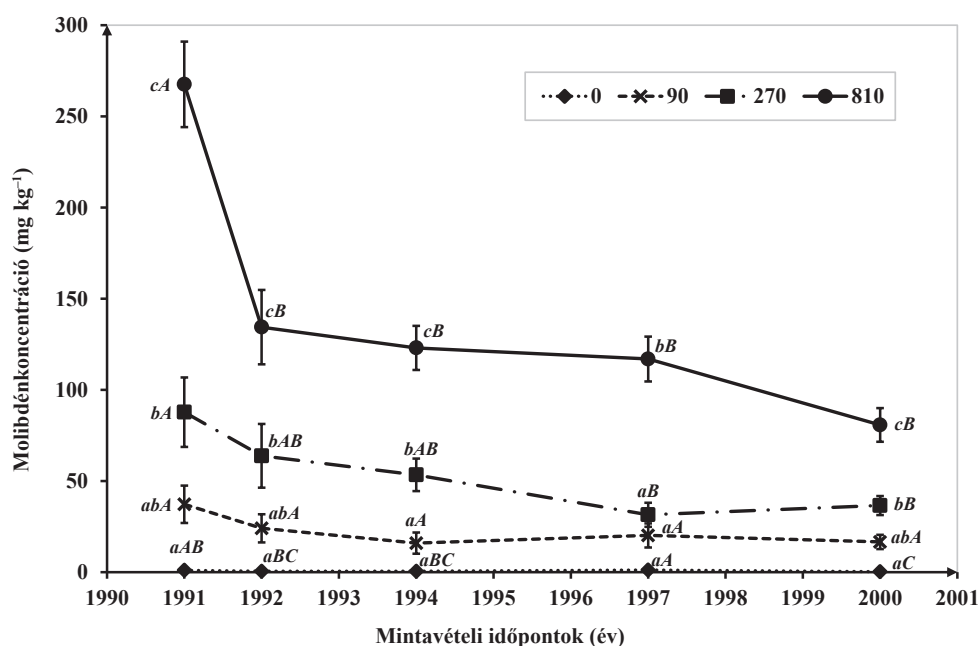
nyú, XSeries¹ típusú induktív csatolású plazma tömegspektrométert alkalmaztunk.

Vizsgálati eredmények

Az MTA TAKI nagyhorcsöki kísérleti telepén 1991-ben beállított szabadföldi kísérlet 21 m² területű parcelláin tizenhárom elem (Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Se, Sr és Zn) egyenként négy-négy terhelési szinten, két ismétlésben végzett, számos paraméterre kiterjedő vizsgálata folyt. A fenti kísérlet feltalajának molibdén- és szelén-kezelt parcelláiról összesen öt alkalommal történt mintavétel (1991, 1992, 1994, 1997 és 2000) (Kádár 2012). Minden talajminta „összes” Mo- és Se-tartalmát, valamint a növény számára felvehető (oldható) Mo- és Se-tartalmát becsültük.

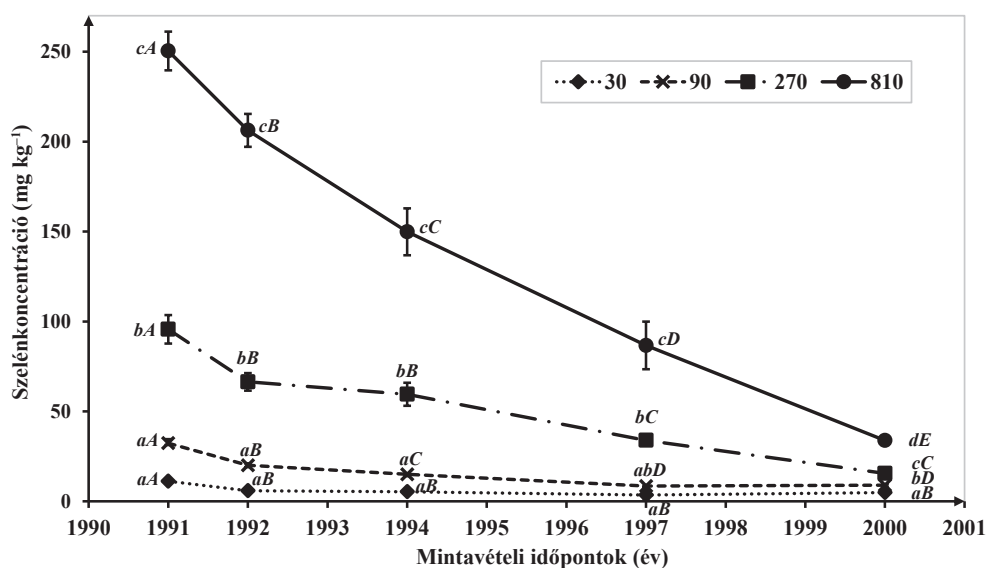
A kísérletben alkalmazott 0 (30 Se esetén), 90, 270, 810 kg ha⁻¹ terhelési szintek 0 (10 Se esetén) 30, 90 és 270 mg kg⁻¹ kezeléseknak felelnek meg.

A nagyhorcsöki kísérletből származó, molibdén-kezelt parcellák feltalajainak molibdénkoncentrációjára vonatkozó mérési eredményeket az 1. ábra tartalmazza, míg a 2. ábra a szelén-kezelt parcellák feltalajmintái szeléntartamának mérési eredményeit mutatja be a mintavételi évek és a szelénkezelések függvényében. A molibdén-kezelt parcellák feltalajainak ugyanabban az évben, azaz a kezelések között mért molibdéntartalmak között általában statisztikailag is kimutatható eltéréseket tapasztaltunk. Minden esetben szignifikáns eltérés mutatkozott a legnagyobb (810 kg ha⁻¹) és a 270 kg ha⁻¹ molibdénkezelés között, míg a legkisebb mértékű kezelés (90 kg ha⁻¹) és a kontrollparcella talajmintáinak



1. ábra | Molibdénkoncentráció a feltalajban a mintavételi évek és a molibdénkezelések (kg ha⁻¹) függvényében. Az eltérő kisbetűk a kezelések közötti, míg az eltérő nagybetűk egy kezeléssel belül, a vizsgált évek közötti szignifikáns ($p < 0,05$) különbségeket jelzik (átlag±szórás, $n=2$).

Forrás: saját szerkesztés



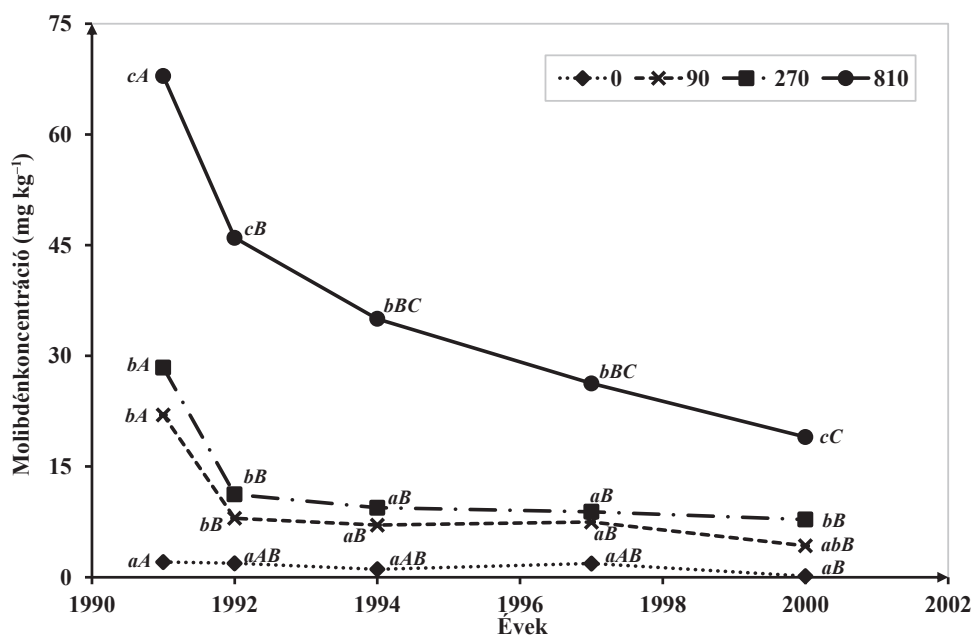
2. ábra

Szelénkoncentráció a feltalajban a mintavételi évek és a szelénkezelések (kg ha^{-1}) függvényében. Az eltérő kisbetűk a kezelések közötti, míg az eltérő nagybetűk egy kezeléssel belül, a vizsgált évek közötti szignifikáns ($p < 0,05$) különbségeket jelzik (átlag $\pm$ szórás, $n=2$).

Forrás: saját szerkesztés

molibdénkoncentrációja között statisztikailag már nem tudtunk kimutatni különbséget. A különböző mintavételi években elemzett, azonos szintű molibdénrel kezelt parcellák feltalajai között nem találtunk jelentős eltéréseket. A legnagyobb különbséget a 810 kg ha^{-1} molibdénkezelésnél tapasztaltuk: az első évben mért molibdéntartalom itt szignifikánsan különbözött a további vizsgált években mért értékektől (az 1992 és 2000 közötti években).

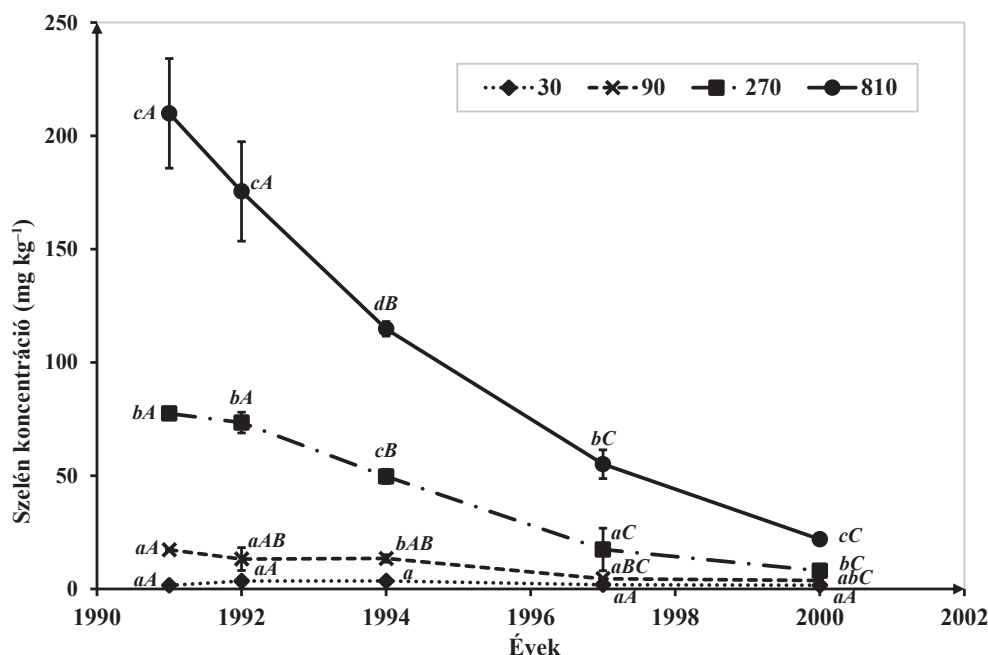
Az 1. és 2. ábra (molibdén- és szelénparcellák) külső megjelenését összehasonlítva látható, hogy az első évben mindkét elemnél (Mo és Se) hasonló módon visszamérhetőek voltak a kezelési adagok, viszont a molibdénrel kezelt parcelláknál már az első évben és a további mintavételi években is nagyobb szórású méréseket tudtunk kivitelezni. Ez a viszonylag nagyobb szórás vagy a kísérlet nem egyenletes területi eloszlásával, vagy a nem azonos minőségű mintavétellel magyarázható. Mivel ez a na-



3. ábra

Lakanen-Erviö-féle kivonat által oldható molibdénkoncentráció a feltalajban a mintavételi évek és a molibdénkezelések (kg ha^{-1}) függvényében. Az eltérő kisbetűk a kezelések közötti, míg az eltérő nagybetűk egy kezeléssel belül, a vizsgált évek közötti szignifikáns ($p < 0,05$) különbségeket jelzik (átlag $\pm$ szórás, $n=2$).

Forrás: saját szerkesztés



4. ábra

Lakanen–Ervio-féle kivonat által oldható szelénkoncentráció a feltalajban a mintavételi évek és a szelénkezelések (kg ha^{-1}) függvényében. Az eltérő kisbetűk a kezelések közötti, míg az eltérő nagybetűk egy kezeléson belül, a vizsgált évek közötti szignifikáns ($p < 0,05$) különbségeket jelzik (átlag±szórás, $n=2$).

Forrás: saját szerkesztés

gyobb szórás több éven keresztül tapasztalható, inkább azt tartom elképzelhetőnek, hogy a kísérlet beállítását követően egy intenzívebb csapadék (zápor, felhőszakadás) (Kádár 2012) kisebb mértékű lokális eltéréseket idézhetett elő a feltalajban lévő molibdén eloszlásában.

A két legnagyobb szeléndózissal (270 és 810 kg ha^{-1}) kezelt parcellák feltalajainak összes szeléntartalma (2. ábra) a mintavételi éveken belül szignifikánsan különbözött egymástól és a többi, kisebb nagyságú szelénkezeléstől is. A két legkisebb szeléndózisú (30 és 90 kg ha^{-1}) parcella feltalajainak szeléntartalmai között viszont – a 2000. évben vett feltalajminták kivételével – nem találtunk statisztikailag is kimutatható eltérést.

A kísérlet beállítását (1991) követő mintavételi években a feltalajminták szeléntartalma folyamatosan csökkent. A 810 kg ha^{-1} dózisú parcelláknál volt a legkifejezettebb az évről évre megjelenő szeléntartalomban tapasztalt különbség, amely minden évben szignifikáns változást is jelentett. A legkisebb szeléndózisú, vagyis a 30 kg ha^{-1} -os parcellák feltalajainak szeléntartalmai között viszont csak az első év mért adatai különböztek – statisztikailag is – a további vizsgált évek mért adataitól.

Annak érdekében, hogy becsülni tudjuk a nagyhorcsöki kísérletből származó feltalajmintáknak a növény által hozzáférhető molibdén- és szeléntartalmát, meghatároztuk a feltalajminták Lakanen–Ervio-féle kivonatban oldható molibdén- és szelénkoncentrációját (3. és 4. ábra). A Lakanen–Ervio-féle kivonattól mért molibdén- és szeléntartalom tendenciája hasonlóan alakult, mint az ösz-

szes (Mo és Se) elemtartalom (1. és 2. ábra). Ha kiszámoljuk, hogy az összes elemtartalomnak hány százaléka a Lakanen–Ervio-féle kivonatban oldható molibdén és szelén koncentrációja, akkor megállapíthatjuk, hogy a molibdénkezelések esetében 18–59% volt a mobilis molibdén aránya, míg a szelénrel kezelt feltalajoknál a növény által hozzáférhető szelén mennyisége megközelítően 14 és 90% között változott. Az arányok alakulásában tendencia nem volt megfigyelhető, csupán annyi, hogy a molibdénnél inkább a kisebb molibdénadagok nyomán mutatkozott nagyobb mértékű, a növény számára hozzáférhető molibdén, míg a szelénrel ezzel ellentétben a nagyobb dózisoknál lehetett kimutatni nagyobb arányszámokat.

A vizsgálati eredmények értékelése, megvitatása, összefoglalása és következtetések levonása

A TAKI nagyhorcsöki kísérleti telepén beállított mikroelem-terhelési kísérlet molibdén- és szelénadagolású parcelláiról származó feltalajminták vizsgálatát végeztük el. A talajmintákból meghatároztuk a $\text{HNO}_3\text{--H}_2\text{O}_2$ nedves roncsolásos „összes” elemtartalmát, továbbá Lakanen–Ervio-féle extrakcióval a növény számára felvehető elemtartalmát.

A molibdénrel kezelt parcellák feltalajmintáinak vizsgálata során általában statisztikailag is igazolt eltéréseket lehetett kimutatni az ugyanazon évben végzett kezelések molibdéntartalma között, míg az eltérő évekből száрма-

zó, azonos szintű molibdénkezelések között nem találunk jelentős eltéréseket. A vizsgálati eredmények alapján megállapítottuk, hogy a szántóföldi kísérlet 1991. évi beállítását követően a fentalajminták szeléntartalma folyamatosan, szignifikáns módon csökkent.

A növény által hozzáférhető molibdén- és szeléntartalom becslésére a Lakanen–Erviö-féle kivonat molibdén- és szelénkoncentrációjának mérését használtuk. A Lakanen–Erviö-féle extraktum molibdén- és szeléntartalmának tendenciája hasonló volt, mint az összes molibdén- és szeléntartalom alakulása. Százalékos arányban kifejezve a molibdénkezelések esetén a Lakanen–Erviö-féle kivonatban az összes molibdén 18–59%-a volt mobilis, míg a szelén fentalajjoknál megközelítőleg 14 és 90 százalék között változott a szelén mennyisége az összes szelénhez viszonyítva. A fenti arányszámok alakulásában tendencia nem volt megfigyelhető, csupán azt a megállapítást tehetjük, hogy a molibdénnél inkább a kisebb molibdénadagok eredményeztek nagyobb mértékű, a növény számára hozzáférhető molibdéntartalmat, míg a szelénnél ezzel ellentétben a nagyobb dózisoknál lehetett kimutatni nagyobb arányszámokat.

Köszönetnyilvánítás

Jelen publikációmmal is szeretném köszönetemet kifejezni dr. Németh Tamás akadémikusnak, aki gyakorlatilag minden pillanatban arra bátorított, buzdított, hogy minél előbb készítsem el MTA doktori disszertációm. Doktori disszertációm benyújtását és megvédését sajnos már nem érthette meg. Szintén köszönettel tartozom dr. Kádár Imrénnek, aki biztosította a nagyhőrsöki kísérleti telepről származó talajmintákat. A TKP2021-NKTA-32 számú projekt a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Irodalomjegyzék

- De Vos, W. & Tarvainen, T. (2006) Geochemical Atlas of Europe. Part 2 – Interpretation of geochemical maps, additional tables, figures, maps, and related publications. Geological Survey of Finland. Otamedia Oy, Espoo.
- Dhillon, K. S. & Dhillon, S. K. (2003) Quality of underground water and its contribution towards selenium enrichment of the soil-plant system for a seleniferous region of northwest India. *Journal of Hydrology*, Vol. 272. No. 1–4. pp. 120–130. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00259-7](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00259-7)
- Fordyce, F. M. (2013) Selenium deficiency and toxicity in the environment. In: Selinus, O., Alloway, B., Centeno, J. A., Finkelman, R. B., Fuge, R., Lindh, U. & Smedley, P. (eds.) *Essentials of medical geology*. Springer, Dordrecht. pp. 375–416. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4375-5_16
- Győri D. (1984) A talaj termékenysége. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Johnson, C. C., Fordyce, F. M. & Rayman, M. P. (2010) Factors controlling the distribution of selenium in the environment and their impact on health and nutrition. Symposium on ‘Geographical and geological influences on nutrition’. *Proceedings of the Nutrition Society*, Vol. 69. No. 1. pp. 119–132. <https://doi.org/10.1017/S0029665109991807>
- Kabata-Pendias, A. (2011) Trace elements in soils and plants. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Kabata-Pendias, A. & Mukherjee, A. B. (2007) Trace elements from soil to human. Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg.
- Kabata-Pendias, A. & Szeke, B. (2015) Trace elements in abiotic and biotic environments. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Kádár I. (1998) Szelén forgalma a talaj–növény rendszerben. In: Cser M. Á. & Sziklai L. I. (szerk.) *A szelén szerepe a környezetben és az egészségvédelemben* című országos kongresszus előadásainak gyűjteménye. FRAG Bt., Budapest. pp. 6–19.
- Kádár I. (2012) A főbb szennyező mikroelemek környezeti hatása. Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományi Kutatóközpont, Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest.
- Kaur, N., Sharma, S., Kaur, S. & Nayyar, H. (2014) Selenium in agriculture: A nutrient or contaminant for crops? *Archives of Agronomy and Soil Science*, Vol. 60. No. 12. pp. 1593–1624. <https://doi.org/10.1080/03650340.2014.918258>
- Kovács, B., Győri, Z., Prokisch, J., Loch, J. & Dániel, P. (2000) Studies on soil sample preparation for inductively coupled plasma atomic emission spectrometry analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Vol. 31. No. 11–14. pp. 1949–1963. <https://doi.org/10.1080/00103620009370553>
- Mayland, H. F., James, L. F., Panter, K. E. & Sonderegger, J. L. (1989) Selenium in seleniferous environments. In: Jacobs, L. W. (ed.) *Selenium in agriculture and the environment*. Soil Science Society of America Special publication, Vol. 23. American Society of Agronomy and Soil Science, Madison, WI. pp. 15–50.
- MSZ 21470-50:2006 (2006) Környezetvédelmi talajvizsgálatok. Az összes és az oldható toxikus elem-, a nehézfém- és a króm(VI) tartalom meghatározása. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest.
- Ráthonyi G., Várallyai L. & Kovács B. (2010) Molibdén vizsgálata a táplálékláncban statisztikai módszerekkel. *Acta Agraria Kaposváriensis*, Vol. 14. No. 3. pp. 323–333.
- Simon L. (1999) A talajok szennyeződése szerves anyagokkal. In: Simon L. (szerk.) *Talajszennyeződés, talajtisztítás. Környezetgazdálkodási Intézet Környezet- és Természetvédelmi Szakkönyvtár és Információs Központ*, Budapest.
- Soil Remediation Circular (2013) Rijkswaterstaat Environment. <https://enviroeng.eu/wp-content/uploads/2022/01/LISTA-HOLANDESA-2013.pdf>
- Takács S. (2001) A nyomelemek nyomában. Medicina Könyvkiadó, Budapest.
- The New Dutch List (2000) Dutch Target and Intervention Values. Annexes. Circular on Target Values and Intervention Values for Soil Remediation. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. <http://esdat.net/Environmental%20Standards/Dutch/annexS%2012000Dutch%20Environmental%20Standards.pdf>