

Válasz Dr. Heltai Györgynek, az MTA doktorának

Kovács Béla: Molibdén és szelén vizsgálata tápoldat-növény és talaj-növény rendszerben című MTA doktori értekezéséről készített bírálatára

Hálásan köszönöm Opponensemnek, Prof. Dr. Heltai Györgynek, az MTA doktorának, hogy elvállalta és rövid idő alatt elvégezte MTA doktori értekezésem opponálását. Köszönöm munkám pozitív megítélését, a felvetéseket, javaslatokat.

Elfogadom Opponensem azon megjegyzéseit, miszerint „A dolgozathoz hiányzik az előforduló betűszók és rövidítések jegyzéke.”, valamint hogy a tapasztalt összefüggések kémiai hátterének nagyobb mértékű értelmezését hiányolta. Továbbá Opponensem azon kritikai megállapítása is természetesen elfogadható, hogy emelte volna a munka értékét, ha a tápoldatos és a talajban nevelt növényekre gyakorolt hatások alapján a toxicitási határokat összehasonlítottam volna, illetve javaslatot tettem volna arra, hogy milyen talajállapot esetén lenne indokolt a molibdén illetve a szelén trágyázás, vagy remediáció alkalmazása.

A továbbiakban pedig a kérdésekre adott válaszaimat abban a sorrendben fogom megadni, ahogy azok a Prof. Dr. Heltai György opponensi bírálatában szerepelnek.

1. kérdés: Volt-e pH ellenőrzés a kísérletek folyamán? Mi indokolta az eltérő bórsav koncentrációt az egyszikű és a kétszikű teszt növényhez használt tápoldatban?

pH ellenőrzés:

A pH érték ellenőrzése kritikus fontosságú bármely növényi kísérlet során, mivel a tápoldat vagy talaj pH-ja jelentősen befolyásolhatja a növények tápanyagfelvételét és általános élettani reakcióit. Minden egyes kísérletben ellenőriztük a pH értéket.

A talajok esetén csupán a kísérlet kezdetekor történt mérés, mivel a korábbi vizsgálatok azt mutatták, hogy a talajok pH-ja nem változott jelentős mértékben.

A tápoldatos kísérletekben viszont rendszeres pH mérést végeztünk, mind a kísérlet beállításakor, mind a kétnaponta történt tápoldatok cseréje előtt és azt követően.

Eltérő bórsav-koncentráció:

Az egyszikű és a kétszikű növények fiziológiai különbségei miatt eltérő a két növénytípus bórfelhasználása. Az egyszikű növények számára alacsonyabb, míg a kétszikűek számára magasabb bórkoncentráció az optimális, amelyet számos hazai (pl. Bákonyi Nóra, Gajdos Éva, Lévai László, Tóth Brigitta) és nemzetközi kutató (Ismail Cakmak, Dennis Robert Hoagland,

Ernest A. Kirkby, Horst Marschner, Konrad Mengel, Volker Römheld) számos publikációja is ezt támasztja alá, valamint előkísérleteink (Bódi Éva, Farzaneh Garousi, Nagy Kinga, Várallyay Szilvia) során is megfelelőnek találtuk a különböző bór-koncentráció alkalmazását. A fentieknek megfelelően, az egyszikű és a kétszikű tesztnövények eltérő bórigénye miatt különböző szintű bórsav-koncentrációkat állítottunk be a tápoldatban az egyszikű és a kétszikű tesztnövények vizsgálatánál.

2. kérdés: A Lakanen-Erviö módszer a növények által felvehető elemtartalmat pufferolt komplexképzővel modellezi. Mennyire befolyásolhatja ez a körülmény az anionos formák „felvehető” frakciójának meghatározását? Várható-e különbség a Lakanen-Erviö és a 0,1 M NaOH-val kioldható szelenit és szelenát mennyiségek között?

A Lakanen-Erviö módszer pufferolt komplexképző használata révén a növények által felvehető elemtartalom modellezésére irányul. Ez a módszer kifejezetten a növények számára hozzáférhető formák feltárását célozza meg, ugyanakkor a komplexképzők alkalmazása befolyásolhatja az anionos formák, például a szelenit és a szelenát oldhatóságát és feltárhatóságát. Mivel ezek az anionos formák eltérően viselkednek a talajmátrixban, és a pufferkörnyezet módosíthatja kémiai egyensúlyukat, lehetséges, hogy a módszer részben túl- vagy alábecsüli a ténylegesen felvehető frakciót.

A Lakanen-Erviö módszer és a 0,1 M NaOH-dal végzett extrakció között várható különbség, mivel a két eljárás eltérő kémiai környezetet jelent. A 0,1 M NaOH egy erősebb lúgos extrakciós közeg, amely képes felszabadítani azokat a szelenit- és szelenát-formákat is, amelyek a Lakanen-Erviö módszer pufferolt komplexképzője számára esetleg nem hozzáférhetők. Ennek eredményeképpen a NaOH-dal kioldott mennyiségek általában magasabbak lehetnek (lehetnének), mivel ez az eljárás nem csak a növények által közvetlenül felvehető, hanem a talajmátrixhoz gyengébben kötődő formákat is feltárhatja.

Mivel a Lakanen-Erviö-féle kivonószer az egyik gyakran alkalmazott módszer Magyarországon a talajok mikroelemeinek előkészítéséhez, a növény számára hozzáférhető (mobilis) molibdén és szelén tartalom meghatározásához így én is ezt használtam, amely extrakciós oldat elkészítését az MSZ 21470-50:2006 szabvány részletezi.

3. kérdés: A látóképi talaj pH-ja gyengén savas, lehet-e ennek hatása a szelénformák mozgékonyására?

A látóképi talaj gyengén savas pH-ja ($\text{pH}(\text{KCl})=5,71$; $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})=6,58$) alapvetően befolyásolhatja a szelén különböző domináns formáinak (szelenit és szelenát) mobilitását. A szelén formák kémiai viselkedése szorosan összefügg a talaj oldatának pH-jával, mivel a pH érték változása hatással van

az oldhatóságra, az adszorpcióra és a redox állapotra is. A következőkben részletesen ismertetem a gyengén savas talaj pH-jának szerepét és hatásait.

a. A pH hatása a szelén formák oldhatóságára és mobilitására

A szelén kémiai viselkedése az oldatban lévő domináns szelén formák között oszlik meg, amelyek redox állapota és pH-ja határozza meg azok mobilitását. Gyengén savas pH-n a szelenit erősebben kötődik a talaj ásványi komponenseihez, különösen a vas- és alumínium-oxidokhoz, amelyek a gyengén savas pH-n pozitív töltéssel rendelkeznek. Az adszorpciós kapacitás növekedésével a szelenit mobilitása csökken. Gyengén savas pH-n a szelenit oldhatósága korlátozott, és nagyobb eséllyel kötődik szilárd fázishoz.

A szelenát kevésbé kötődik az ásványi felületekhez, mivel erősebb anionként viselkedik. Ezáltal gyengén savas pH-n is nagyobb mobilitást mutat. A pH csökkenése azonban a szelenát oldhatóságának csökkenéséhez vezethet.

b. A pH és a redoxpotenciál összefüggései

A talaj redox állapota szintén meghatározó a szelén formáinak mozgékonyágában. Gyengén savas pH esetén a redukáló környezet kedvezhet a szelén fémes és szerves formái képződésének, amelyek kevésbé mobilak. Oxidáló környezetben viszont a szelenát forma dominanciája nő, ami fokozhatja a szelén vertikális mobilitását.

c. A látóképi talaj sajátosságai

A látóképi talaj gyengén savas kémhatása mellett figyelembe kell venni a talaj egyéb tulajdonságait, mint például a humusztartalmat, agyagásványok jelenlétét, valamint a talaj redoxpotenciálját. Ezek a tényezők együttesen határozzák meg a szelén mozgékonyágát. A humuszanyagok kölcsönhatásba léphetnek a szelén formákkal, és szerves komplexeket alkothatnak, amelyek mobilitása a talaj oldatának pH-jától függ. A gyengén savas kémhatás elősegíti a szelenit adszorpcióját a talaj ásványi (agyagásványok és oxidok) összetevőin.

4. kérdés: A 0.1 M NaOH-val extrahált szelenit+szelenát-tartalom és a pufferolt EDTE-kompleképzővel végzett Lakanen-Erviö extrakció eredményei között volt-e szignifikáns különbség?

Az Opponensem által feltett fenti 2. kérdés ugyan még az „Anyagok és módszerek” fejezethez lett megfogalmazva, de a jelen 4. kérdés már az „Eredmények és értékelésük” fejezethez, azaz az általam mért eredményekre vonatkozik. Így a 2. kérdés megválaszolását ezen a ponton az általam mért mérési eredmények értékelésével folytatom.

Az a feltételezés, miszerint a 0,1 M NaOH oldattal extrahált szelén tartalom és a pufferolt EDTE-komplekxképzővel végzett Lakanen-Erviö extrakció eredményei között a NaOH-dal kioldott mennyiségek általában magasabbak lennének, ez a nagyhőrcsöki kísérletből származó talajminták vizsgálatánál nem igazolódott be.

A nagyhőrcsöki kísérlet feltalaj mintái eredményeinél az első évben még teljesült a fenti feltételezés, de már akkor is csak a talajminták viszonylag kisebb szelén tartalmánál ($<270 \text{ kg ha}^{-1}$ szelén adag, azaz $<90 \text{ mg kg}^{-1}$ talaj szelén koncentrációnál) teljesült. A 0,1 M NaOH oldattal és a Lakanen-Erviö oldattal extrahált szelén tartalmak között számolt arányoknál felfedezhető egyfajta tendencia, mely a következő: minél korábbi évben történt a mintavétel, annál nagyobb volt az arány és minél nagyobb szelén dózisból végeztük az elemzéseket, annál kisebb volt a szelén tartalmak aránya. Ennek megfelelően a legnagyobb értéket, megközelítően négyszeresét (393%) a 30 kg ha^{-1} szelén kezeléssel mértük, mely az 1991-es talajmintavétel volt és legkisebb arányt az utolsó vizsgált évben (2000-ben) a 810 kg ha^{-1} szelén adagú mintánál mértük, melynél éppen fele (50%) volt a 0,1 M NaOH oldatban mért szelén tartalom, mint amit a Lakanen-Erviö oldat extrakciójával mértünk.

A nagyhőrcsöki kísérlet mélyégi talajmintái eredményeinél is tapasztalható tendencia a 0,1 M NaOH oldattal és a Lakanen-Erviö oldattal extrahált szelén tartalmak között. Az 1993-ban, 2000-ben, valamint 2005. évben vizsgált mélyégi talajminták 0-30 cm talajrétegében 65-70%-os volt a 0,1 M NaOH oldatban mért szelén tartalom, majd a 30-60 cm talajrétegben valamelyest megfordult az arány, 103-119%-os arányt tapasztaltunk, majd ismételten a Lakanen-Erviö oldat extrakciójával kaptunk nagyobb szelén tartalmakat. A 2005. évi mélyégi talajminták 60-90 cm talajrétegében 86%-os volt az arány, majd a mélyégi talajrétegek felé haladva a 0,1 M NaOH oldattal és a Lakanen-Erviö oldattal extrahált szelén tartalmak aránya fokozatosan 63%-ra csökkent, mely arányt az 560-590 cm talajrétegben mértük.

5. kérdés: Az anionos molibdát és szelenit formák vertikális mobilitása a talaj mérhető pH-ja közötti összefüggés vizsgálatára alkalmas-e a tartamkísérlet?

A talajban jelen lévő anionos molibdát, szelenit és szelenát formák mobilitása és azok talajprofilon belüli mozgása jelentős mértékben függ a talaj kémiai tulajdonságaitól, különösen a pH-tól. A pH alapvetően befolyásolja a talajkolloidok töltését, a kötődési helyek elérhetőségét, valamint az anionok adszorpciós dinamikáját.

Véleményem szerint egy tartamkísérlet alkalmas lehet a vizsgált anionos molibdát, szelenit és szelenát formák vertikális mobilitásának és a talaj pH-ja közötti összefüggés vizsgálatára, mivel

hosszabb időtávon lehetőséget ad a talaj fizikai, kémiai és biológiai változásainak nyomonkövetésére.

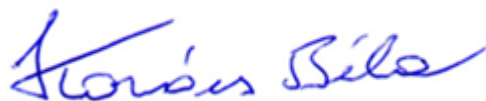
A talaj pH-ja meghatározza a koloidális részecskék töltésének mértékét. Savas környezetben a talaj kolloidjainak felülete pozitívabb töltésű, amely kedvez az anionok, így a molibdát és a szelenit adszorpciójának, mely pH-tartományban az anionos formák mobilitása általában korlátozottabb. Semleges vagy lúgos környezetben a kolloidok negatív töltésűvé válnak, amely csökkenti az anionok adszorpciós képességét, és növeli a mobilitásukat.

Annak érdekében, hogy megfelelő szintű komplex értékelést tudjunk elvégezni a vizsgált anionok vertikális mobilitására vonatkozóan, ahhoz a talaj pH-ja mellett vizsgálni kellene a talaj textúráját, szervesanyag-tartalmát és koloidális összetételét is. A molibdén- és szelén-vel való vizsgálatokhoz viszont korlátozott tömegű/mennyiségű talajmintát kaptam Dr. Kádár Imrétől, mely mintamennyiség ilyen irányú mérések végzését nem tette lehetővé, így ezen talajmintákból pH vizsgálat nem történt.

Végezetül külön köszönöm Opponensemnek, hogy az MTA disszertációm összes új tudományos eredményét elfogadta.

A válaszom végén ismételten szeretném megköszönni Heltai György professzor úrnak, hogy részletesen értékelte disszertációm, és kérem a válaszaim szíves elfogadását.

Debrecen, 2025.01.17.



Dr. Kovács Béla