

Makroelemek horizontális eloszlásának változása réti talajokban

Horváth-Szabó Kata^{1 2} – Szalai Zoltán^{2 3} – Kiss Klaudia² – Fehér Katalin² – Jakab Gergely³ – Németh Tibor⁴ – Sipos Péter⁴ – Madarász Balázs³

1. Bevezetés

A növényzet talajra gyakorolt hatása igen fontos és sokrétű. Talajképző tényezőként alapvetően meghatározza a kialakuló talaj minőségét. Nemcsak hosszútávon, hanem kisebb léptékben (napszakosan, évszakosan, évesen) is módosítja a talaj anyagforgalmát a növényzet anyagcseréjének ciklikussága, amely a napszakok és az aszpektusok változásának köszönhető (WIESSNER, A. et al. 2005).

A szoros kapcsolat szükségszerű, hiszen a talaj a növények elsődleges ásványi- és szerves anyag, valamint vízforrása. A jobb felvehetőség érdekében a növények képesek módosítani is a talaj jellemzőit a gyökér közelében. Egyes nehezen hozzáférhető tápelemek (pl. vas) felvételére komplex élettani stratégiák alakultak ki, amelyek mind bizonyos, a rizoszféra kibocsátott vegyületek kémhatás- illetve redoxállapot-változtató, komplexképző hatásain alapulnak (HANSEN, N. et al. 2007). Ugyanakkor nem csak az elemfelvétel, hanem a kórokozókkal, toxinokkal, abiotikus tényezőkkel szembeni védelem is kivált különféle reakciókat a növényi gyökérsejtekben, amelyek különös elemfelvételi sajtoságokat, változatos vegyülettípusok kiválasztását és talajba juttatását eredményezik (FARSANG A. et al. 2007; WESTON, L. et al. 2003).

A különböző növényfajok természetesen eltérő módon válaszolnak a környezeti kihívásokra, amely tovább nehezíti a társulások vizsgálatát, illetve az eredmények megértését. Ezért lehetséges, hogy a témakörben főként *batch-scale* kísérletek eredményeire támaszkodhatunk. Ezek során általában egy faj néhány egyedével beültetett ládák, cserepek talajában mérték az erőteljesen szabályozott környezeti tényezők (pl. megvilágítás) változásának hatásait (WIESSNER A. et al. 2005). A források között gyakran előfordulnak az ún. mesterséges vizes élőhelyek (*constructed wetlands*) is, amelyeket szennyvízkezelés céljából hoztak létre. Ezek már ki vannak téve az abiotikus éghajlati tényezők változékonyságának, ám a befolyó víz speciális összetétele és áramlásának szabályozottsága, valamint a monokultúrás növényzet miatt mégis mesterséges élőhelyeknek kell tekinteni őket. Az itt folyó kutatások is főként a szennye-

¹ A szerzők e-mail címei: Horváth-Szabó Kata, kataszab@yahoo.com; Szalai Zoltán, szalaiz@mtafki.hu; Kiss Klaudia - nincs; Fehér Katalin, feherk@ludens.elte.hu; Jakab Gergely, jakabg@mtafki.hu; Németh Tibor, ntibi@geochem.hu; Sipos Péter, sipos@geochem.hu; Madarász Balázs, madarasz@mtafki.hu

² Eötvös Loránd Tudományegyetem, Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék, Budapest

³ MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földrajztudományi Intézet

⁴ MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Földtani és Geokémiai Intézet

zők eltávolítási hatásfokának klímfüggését célozták (DUŠEK, J. et al. 2008; SZABÓ, Sz. et al. 2008).

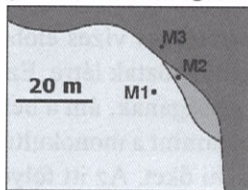
A vizes élőhelyek taljai ugyanakkor valóban sokkal alkalmasabbak a rövid távú jelenségek észlelésére. Az elemforgalom, a mikrobiális anyagcsere sokkal intenzívebb, mint a szárazabb típusokban. A víz, mint közvetítő közeg lehetővé teszi, hogy a növényzet hatása a gyökérszintől távolabb is megjelenjen, akár a talajoldatban. A gyorsan változó vízhatás-gradiens mentén egymáshoz esetenként igen közeli – mégis jól elkülöníthető – növényzeti foltok jönnek létre (SZALAI, Z. et al. 2010). Ezek jó lehetőséget biztosítanak a társulások talajának egyidejű megfigyelésére közel azonos körülmények között.

Nemrég kezdődött és több évesre tervezett kutatásunknak az iménti összefoglalóban leírtak adják meg az elméleti háttérét. Hosszútávú céljaink között a növényzet talajra gyakorolt módosító hatásainak igazolása, az ebben szerepet játszó legfontosabb klimatikus paraméterek felismerése és a különböző ökotópokban jelentkező eltérések leírása szerepel napszakos, évszakos, éves vizsgálatok alapján. Ezen tanulmányban első eredményeinket, a legfontosabb tanulságokat és további terveinket mutatjuk be.

2. Anyag és módszer

A mintaterületünket Ceglédbercel határában jelöltük ki, egy homokháttal körülvett mélyedésben létrejött vizenyős területen. A változó vízállás miatt homokon kialakult karbonátos típusos réti talaj az uralkodó talajtípus, a mélyebben fekvő nádasokban tőzeget láptalajjal találhatók. A tanulmányban leírt mérésekre és a mintavételezésre 2010. július 5–9. között került sor. A kiválasztott részen három ökotópot tudtunk elkülöníteni (1. ábra), amelyek mindegyikében meghatároztuk az uralkodó növényfaj/-fajokat. Ezután egy-egy mérési pontot jelöltünk ki mindegyik foltban. A pontokban mikroklíma-állomást állítottunk fel, és talajoldat-mintavevő kutakat fúrtunk.

1. ábra: A vizsgálati terület (M1: *Agrostis stolonifera*; M2: *Carex vulpina* – *Carex flacca* – *Carex acutiformis*; M3: *Phragmites australis*)



A mérésekre két, egyenként 36 órás szakaszban került sor, amelyek reggel 6 órától a következő nap 18 óráig tartottak (téli időszámítás szerint). A napszakok váltakozását szeretnénk volna így követni. Minden egyes pontban mértük a következő paramétereket óránként: a talajoldat redoxpotenciálját (Eh), pH-ját; a hőmérsékletet a talajban a talajfelszínen, 20 és 100 cm-en; a párolgást 20 és 100 cm-en; a fotoszintézis

és a szélsébséget 100 cm-en. Kétóránként került sor mintavételre a talajoldatból, amelyből a következő elemek-vegyületek koncentrációját VIS-fotométerrel a helyszínen határoztuk meg: NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} . A talajoldat Mn, Fe, K, Na, Mg, Ca tartalmát (cc. HNO_3 -mal történt tartósítást követően) fl-AAS-sel mértük.

A kapott eredményeket adatbázisban rögzítettük, amelyet hosszú távú használatra és folyamatos feltöltésre terveztünk. Ezek után vizsgáltuk az adatsorok időbeli lefutását, illetve különböző módszerekkel kerestünk kapcsolatot a klíma- és a talajjellemzők között.

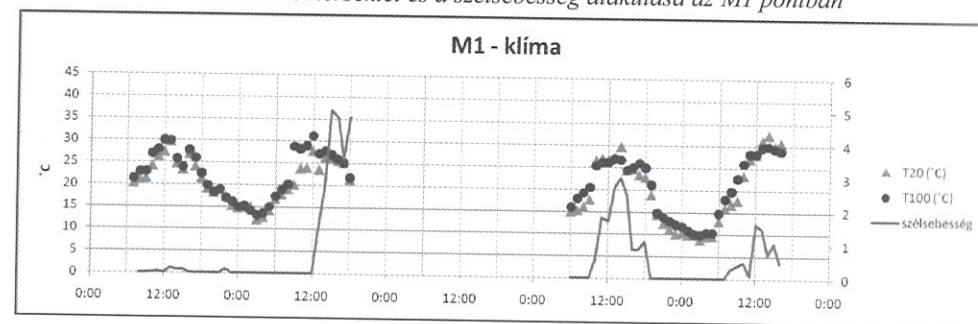
3. Eredmények

3.1. Időjárás

A mérések és a helyszíni tapasztalat alapján is ki lehet jelteni, hogy a vizsgálat ideje alatt markáns időjárásváltozás (ciklon, hirtelen lezúduló csapadék, stb) nem volt. Ezt légnymósmérés is alátámasztotta, amelyet csupán ellenőrző jelleggel végeztünk.

A szél némileg felerősödött a két szakasz közt eltelt időben, amely együtt járt az éjszakai lehülés pár °C-os megnövekedésével (2. ábra). A növényzet klímamódosító hatása értelemszerűen a talaj közelében volt mérhető, illetve a nádasban, ahol a magas növényzet teljes szélcsendet biztosított.

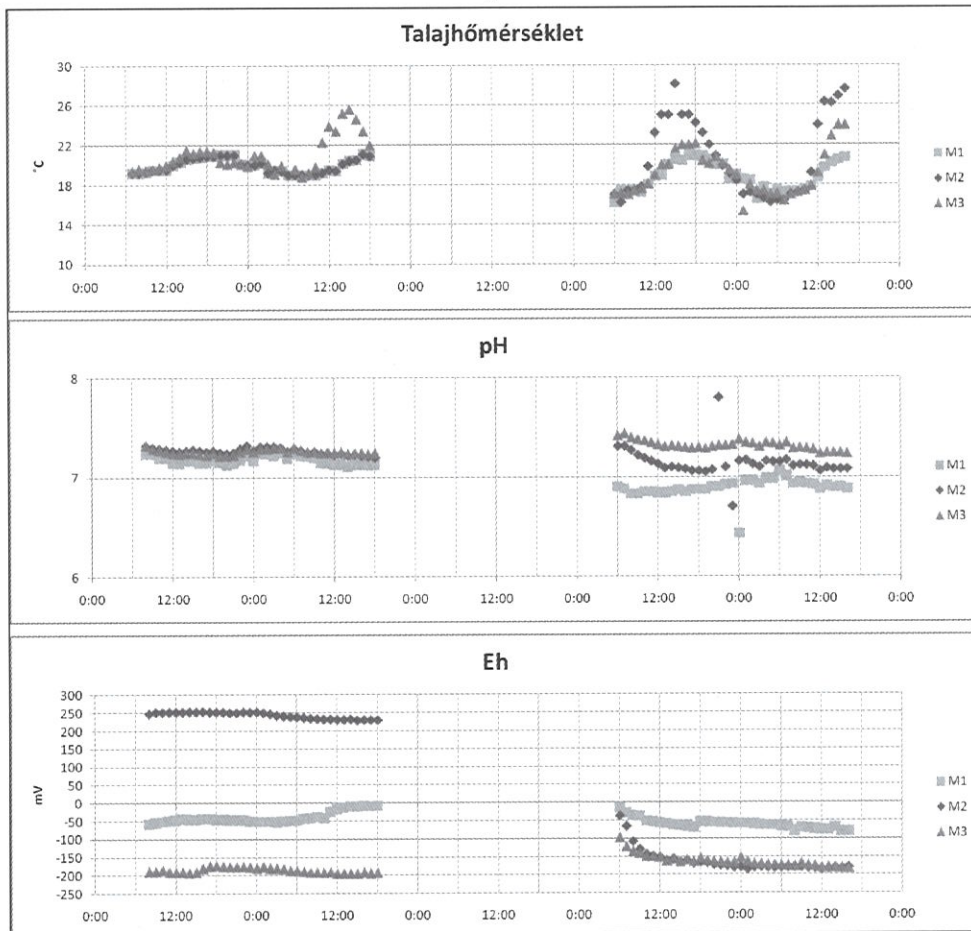
2. ábra: A hőmérséklet és a szélsébség alakulása az M1 pontban



3.2. Talajhőmérséklet, a talajoldat kémhatása és redoxviszonyai

Három mennyiséggel próbáltuk jellemezni a talaj fizikai-kémiai állapotát a mérésorozat során: hőmérséklet, pH és redoxpotenciál. Az ezek által meghatározott körülmények szabják meg a talajban élő mikroorganizmusok anyagcsere-hatékonyágát és általában a jellemző anyagcsere típusát (aerob/anaerob légzés pl.). A növényzet sok esetben a pH és az Eh befolyásolásával tolja el a talajkémiai reakciókat a számára megfelelőbb irányba (pl. a nád oxigént juttat le gyökérszintén keresztül). A következő grafikonokon ezek alakulását mutatjuk be a három mérési pontban, az idő függvényében. (3. ábra)

3. ábra: A mért talajjellemzők alakulása



A görbékét először a ciklikusság szempontjából vizsgáltuk meg. Napi dinamikát mutat a hőmérséklet, és nagyon enyhén a pH alakulása is. A redoxpotenciál esetében ilyesmit nem tudtunk megfigyelni, az valószínűleg nagyobb időtávon észlelhető.

Mindhárom görbén igen szembetűnő a két mérési szakasz közti különbség. A pH – bár végig a semleges érték közelében volt – a második mérési szakaszban egyértelmű elkülönülést mutat az egyes pontokban. Az eredeti értéktartományt legjobban az M2-es pont tartotta meg, míg a nádas láptalajában kissé lúgosabb, a kaszálórétként funkcionáló foltban (M1) kissé savasabb irányba tolódott. A redoxpotenciál ezzel éppen ellekenző jelenséget mutat: a markánsan elváló pontok közül az M2 értékei a második mérési szakaszra gyakorlatilag összesimultak a nádas pontjában mért értékekkel. Ez óriási változás ilyen rövid idő alatt: kb. 400 mV. Érdeemes megfigyelni az első sorozat értékeit: nem a vízzel való borítottság ideje/gyakorisága határozta

meg az egyes foltok talajának reduktivitását, hiszen az M2 pontban mértük a legmagasabb értékeket, pedig a „legszárazabb” az M1 ponttal jellemzett folt volt.

A két méréssorozat közti különbség a hőmérséklet alakulásán is megfigyelhető, és ez egyben a jelenség magyarázatául is szolgálhat. A napi hőingás – eltérő mértékben, de minden pontban – szélsőségesebbé vált a második mérési szakaszra. Ez csak úgy lehetséges, hogy a növényzet védőhatása csökkent, és a talaj elkezdte átvenni a levegő hőmérsékletét (hiszen nem észleltünk ekkora hőmérsékleti, hőingásbeli változást a két méréssorozat között).

3.3. A talajoldat nitrogénformáinak változásai

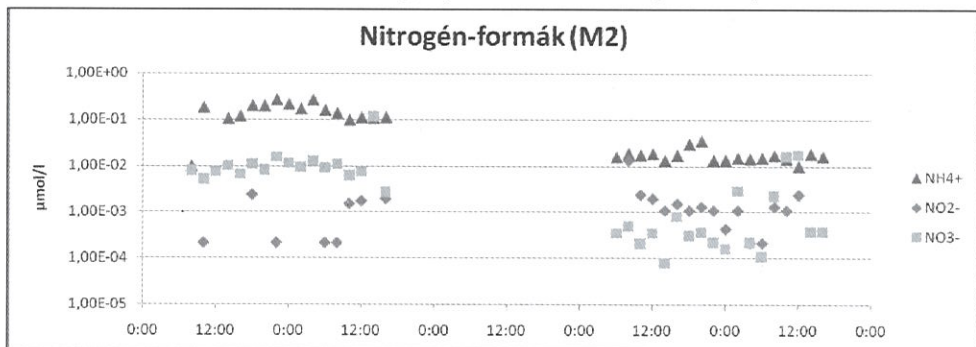
A talajoldatban jelenlévő elemek, vegyületek mennyisége ismételtelen egy rendkívül bonyolult folyamatrendszer eredménye. A talajoldat összetétele nagymértékben függ a talaj ásványos alkotóitól, de a kolloidális méretű szerves óriásmolekuláktól (minőségüktől, mennyiségüktől) is. Ezek felületükön, vagy rácsukban kötik a mikrotápelemek nagy részét (NÉMETH, T. et al. 2010; SIPOS, P. 2010), amelyek környezeti viszonyaik megváltozásának hatásra kerülnek az oldott fázisba (pH-, redoxállapot-változás). Az oldott és szilárd fázis közötti átmenet sokszor a talajban élő mikroorganizmusok által befolyásolt folyamat (különösen az általunk is mért kémhatásviszonyok mellett). A gyökérzet és a mikroorganizmusok aktivitása is függ az előbb említett külső tényezőktől, egy hirtelen koncentráció-változás tehát valamilyen hirtelen környezetváltozással hozható összefüggésbe (MITCHELL, R. et al. 2010).

A növényzet szerepe itt sem elhanyagolható, hiszen magasabbrendű élőlényeként regulátor szerepet töltenek be, célzatosan befolyásolva a talaj működését a megfelelő tápanyagellátás megvalósulása, vagy a toxikus hatások kiküszöbölése érdekében (WESTON, L. et al. 2003). A nitrogén különböző formáinak szerepét nem kell hangsúlyozni, hiszen minden élőlény számára alapvetően szükséges. Elsődleges forrása a levegő, ahol igen stabil N_2 gáz formában van jelen. Ezt csak talajban élő speciális nitrogénkötő mikroorganizmusok képesek felbontani és más vegyületekké alakítani, amelyet aztán a növények felvehetnek. Három fő (szervetlen) formában van jelen a nitrogén a talajban: ammónium (NH_4^+), nitrit (NO_2^-) és nitrát (NO_3^-). Mindhárom forma koncentrációját vizsgáltuk. A 4. ábrán a három forma mennyiségének alakulása látható az M2 pontban (logaritmikus skálán!). A többi helyen is hasonló értékeket mértünk.

A reduktív viszonyoknak köszönhetően a három oldott nitrogénforma közül az ammónium volt jelen a legnagyobb mértékben a talajoldatban. Mégsem magyarázható ez kizárólag a redoxpotenciál értékének – éppen az M2 pontban tapasztalt – zuhanásával, hiszen a többi pont is hasonló képet mutatott, illetve az ammónium mellett a nitrát (az oxidált forma) mennyisége is nagyon lecsökkent.

Az ammóniummal kapcsolatban leírták, hogy ammónia (NH_3) formájában elillanhat az oldatokból, de ez a mi esetünkben nem valószínű, hiszen ahhoz lúgos körülmények ($pH > 9$) kellenének (FLEISHER, Z. et al. 1987). A tapasztalt kismértékű pH-változás e jelenség magyarázataként nem elegendő.

4. ábra: Különböző nitrogén-formák koncentrációja az M2 pontban



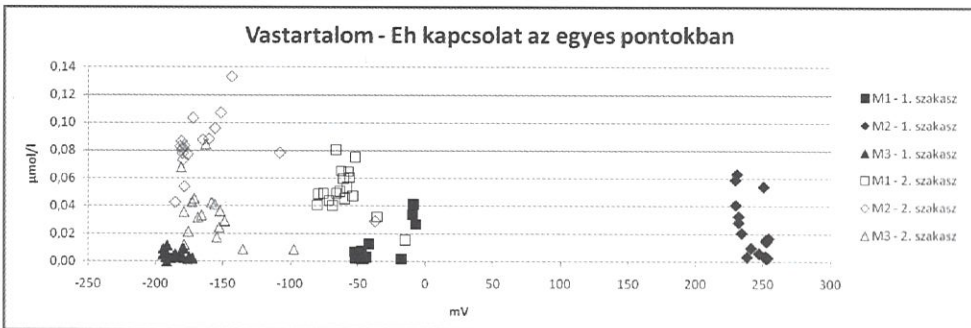
3.4. A talajoldat vaskoncentrációjának változásai

A területen igen fontosak (és látványosak) még a vas különböző formái. A vas két-féle oxidációs állapotú formája a Fe^{2+} és Fe^{3+} . Ezek közül a redukált forma hidroxidjai oldhatók vízben, így a talajoldatban ez jelenik meg (LOVLEY, D. 1997). Sok helyen látható a szürkés, glejes (Fe^{2+}) rétegben futó gyökerek körül kialakult „rozsdagyűrű” (Fe^{3+}). Ez a növényi gyökér oxigén-kiválasztásának jele, ami a vízben élő gyökérsejtek „lélegeztetése” mellett védekező és tápanyagfelvételi szerepet tölt be: oxidatív körülményeket hoz létre, ahol a számára mérgező Fe^{2+} helyett az oxidált forma kerül túlsúlyba, amelyet már fel is tud venni (HANSEN, N. et al. 2007).

Vizsgálatunknál az elemnél is a foltok különbözőségeire irányult, valamint arra, hogy az mennyiben felel meg a szakirodalomban leírt redoxpotenciál-tartománynak a vasredukció a területen.

A redox- és a kémhatás viszonyokban bekövetkezett markáns változás a vaskoncentrációban is megjelenik, amely mindhárom pontnál egységesen és szignifikánsan megnőtt a második mérésorozatra (5. ábra). Ez a jelenség a redoxpotenciál-változás mértékétől független.

5. ábra: A vastartalom és a redoxpotenciál összefüggése



A szakirodalom (FILEP GY.– FÜLEKY GY. 1999) szerint a $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ redoxrendszer (azaz a vasredukáló baktériumok) működési tartománya $-100 - +200$ mV között van, a pH-tól, illetve más tényezőktől függően. Ezek alapján azt vártuk, hogy redukтивabb közegben nagyobb lesz az oldott vas koncentrációja, és hogy ezt legalább foltonként ki tudjuk mutatni. Ehhez szükséges nagy Eh-változás azonban csak a M2 pontban volt, és itt igaz is a negatív összefüggés. A többi pontban is megfigyelhető a már említett vaskoncentráció-növekedés, de ez látszólag független a redoxpotenciál alakulásától. A pontok összességét tekintve (függetlenül a helytől és időtől) látható, hogy a magasabb értékek inkább a redukтивabb viszonyok között voltak mérhetőek, de ilyen körülmények között is előfordultak olyan nagyon alacsony koncentrációk, amelyeket a talaj magas vastartalma nem indokolna.

4. Következtetések

Az előző fejezetben vázolt eredmények talán legfontosabb feladványa volt, hogy mi okozhatta a hőmérsékleti, kémhatásbeli redox- és koncentrációváltozásokat a két sorozat között eltelt 36 órában. Az időjárás változást, mint okot kizártuk, mert erre semmilyen mért paraméter nem utalt. Egyetlen tényező volt drasztikus hatású a terület növényzetére: a taposás. A mérések, mintavételek során ugyanis óhatatlanul kárt tettek a mérést végzők a pontok körüli növényzetben. És mivel ebben az évben a sok csapadék miatt igen magasan állt a víz az egész mocsárrétegen, a letaposott növényzet fel sem tudott egyenesedni a két sorozat között eltelt időben, a bolygatás hatása permanenssé vált. Ezt a feltételezést leginkább a talajhőmérséklet-mérés támasztja alá, hiszen semmi mástól, csak a növényzet szigetelő hatásának csökkenésétől válhatott ennyire érzékelhetővé a napi hőingás a talajban.

A növényzet módosító hatása egyértelműen látszik az ökotópok talajában az első sorozatban mért, markánsan eltérő redoxállapotokból, amelyek nem követik a vízhatás gradiensét. Az előbb leírt bolygatás is igazolja, hiszen jól mérhetően felborult a „rend” a növényborítottág sérülésével.

A napszakok változását csak elvételre sikerült akár a talajjellemzők, akár a talajoldat-összetevők mennyiségének változásán keresztül kimutatni. Kérdéses az is, hogy mennyiben beszélhetünk ezeknél a növényzet hatásáról, hiszen például a talaj hőmérsékleti változását – amely bizonyosan befolyásolja a talajban élő mikroorganizmusok működését – egyértelműen az abiotikus környezet okozza.

A makroelemek tér- és időbeli eloszlását áttekintve megállapítható, hogy az egyes foltokban látszólag más és más törvényszerűségek uralkodnak, ezért külön kell vizsgálni őket, nem vonhatók össze a mért eredmények. A zavarás az elemkoncentrációk alakulásán is megfigyelhető volt, különösen az ammónium és a vas esetében.

A nitrogénformák alakulása különösen érdekes, hiszen mind az oxidált, mind a redukált forma mennyisége csökkent a talajoldatban. Csak feltételezéseink vannak arra, hogy milyen reakciók játszódhattak le. CLÉMENT, J. et al. (2005) írtak le egy reakció-rendszert, amely szerint szigorúan anaerob körülmények között ammó-

nium-oxidáció révén nitrítképződés zajlik, vasredukció közben. Oxidatívabb környezetben (pl. a gyökérzet közvetlen közelében, a rizoszférában) a nitrítból nitrát lesz. A nitrátból pedig abiotikus és biotikus denitrifikáció útján N_2O , vagy N_2 gáz képződik, amely a gyökérzet mentén könnyedén el is távozik a talajból. A biotikus szakaszban tölt be fontos szerepet a közönséges *Gallionella ferruginea* baktérium, amely a rizoszférában él, és a nitrátredukcióval párhuzamosan vasat oxidál (RIVETT, M. et al. 2008). Ez a faj lehet a már említett „rozsdagyűrű” egyik létrehozója.

A legreduktívabb viszonyok között bekövetkező vaskoncentráció csökkenés feltételezhetően a vivianit vagy a sziderit képződésének köszönhető (NRIAGU, J. 1972), amit a szilárd fázis ásványani vizsgálatával lehet a jövőben igazolni. A makroelemek teljeskörű vizsgálatához elengedhetetlen a talaj szerves anyagának vizsgálata (oldott szerves szén mennyisége, humuszanyag-típusok elkülönítése) is.

A mérések által szándékunkon kívül okozott zavarás nem tekinthető kudarcnak, hiszen ez esetben is a növényzet közvetlen hatásáról beszélhetünk. Az ilyen durva beavatkozások nem is idegenek egy legelőként, kaszálóként hasznosított rét esetében. Ezért tervezzük, hogy létrehozunk egy mesterségesen zavart (pl. kaszált) foltot is, amelynek segítségével ezt a jelenséget tudjuk megfigyelni. Az is bizonyos, hogy a jövőben gondosabban kell végezni a mintavételt és a méréseket.

Nagyon megnehezítette a két szakasz igen eltérő eredményeinek értelmezését az, hogy nem láttuk, mi történt a közöttük eltelt időben. Ezért amennyiben lehetőségeink engedik, hosszútávú, folyamatos mérések bevezetését tervezzük. Annál is inkább fontos ez, mert ahogy láthattuk, a napszakok váltakozása kevésbé észlelhető a talajban, a nagyobb „hullámhosszú” ciklusok valószínűleg jobban érzékelhetők (pl. évszakok).

5. Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönik Plutzer Lénárdnak a kutatási terület biztosítását. A kutatást anyagilag és logisztikailag Ceglédbercel Község Önkormányzata támogatja.

6. Irodalom

- CLÉMENT, J. – SHRESTHA, J. – EHRENFELD, J. – JAFFÉ, P. 2005: Ammonium oxidation coupled to dissimilatory reduction of iron under anaerobic conditions in wetland soil. *Soil Biology & Biochemistry* 37. pp. 2323–2328.
- DUŠEK, J. – PICEK, T. – CÍZKOVÁ, H. 2008: Redox potential dynamics in a horizontal subsurface flow constructed wetland for wastewater treatment: Diel, seasonal and spatial fluctuations. – *Ecological Engineering* 34. pp. 223–232.
- FARSANG A. – CSER V. – BARTA K. – MEZŐSI G. – ERDEI L. – BARTHA B. – FEKETE I. – POZSONYI E. 2007: Indukált fitoextrakció alkalmazása extrémén szennyezett földszerű anyagon. *Agrokémia és Talajtan* 56. pp. 317–332.
- FILEP GY. – FÜLEKY GY. 1999: A talaj kémiai tulajdonságai In: STEFANOVITS P. (szerk.) Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 86–129.

- FLEISHER, Z. – KENIG, A. – RAVINA, I. – HAGIN, J. 1987: Model of ammonia volatilization from calcareous soils. *Plant and Soil* 103. pp. 205–212.
- HANSEN, N. – HOPKINS, B. – ELLSWORTH, J. – JOLLEY, V. 2007: Iron Nutrition in Field Crops. In: BARTON, L. – ABADÍA, J. (szerk) Iron Nutrition in Plants and Rhizospheric Microorganisms. Springer, Dordrecht, pp. 23–61.
- LOVLEY, D. 1997: Microbial Fe(III) reduction in subsurface environments. *FEMS Microbiology Reviews* 20. pp. 305–313.
- MITCHELL, R. – HESTER, A. – CAMPBELL, C. – CHAPMAN, S. – CAMERON, C. – HEWISON, R. – POTTS, J. 2010: Is vegetation composition or soil chemistry the best predictor of the soil microbial community? *Plant and Soil* 333. pp. 417–430.
- NÉMETH, T. – SIPOS, P. – BALÁZS, R. – SZALAI, Z. – MÉSZÁROS, E. – DI GLERIA, M. 2010: Adsorption of Copper on The Illuviation and Accumulation Horizons of a Luvisol. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 5. pp. 19–24.
- NRIAGU, J. 1972: Stability of vivianite and ion-pair formation in the system $Fe_3(PO_4)_2-H_3PO_4-H_3PO_4-H_2O$. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 36. 459–470.
- RIVETT, M. – BUSS, S. – MORGAN, P. – SMITH, J. – BEMMENT, C. 2008: Nitrate attenuation in groundwater: A review of biogeochemical controlling processes. *Water Research* 42. pp. 4215–4232.
- SIPOS, P. 2010: Sorption of copper and lead on soils and soil clay fractions with different clay mineralogy. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 5. pp. 111–118.
- SZABÓ, SZ. – SZABÓ, GY. – FODOR, CS. – PAPP, L. 2008: Investigation of two sewage disposal sites from the aspect of environmental impacts on soil and groundwater in the County of Hajdú-Bihar (Hungary). *Moravian Geographical Reports* 16. pp. 37–45.
- SZALAI, Z. – JAKAB, G. – NÉMETH, T. – SIPOS, P. – MÉSZÁROS, E. – DI GLERIA, M. – MADARÁSZ, B. – VARGA, I. – HORVÁTH-SZABÓ, K. 2010. Dynamics of organic carbon and dissolved iron in relation to landscape diversity. *Hungarian Geographical Bulletin* 59. pp. 17–33.
- WESTON, L. – BERTIN, C. – YANG, X. 2003: The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere. – *Plant and Soil* 256. pp. 67–83.
- WIESSNER, A. – KAPPELMAYER, U. – KUSCHK, P. – KÄSTNER, M. 2005: Influence of the redox condition dynamics on the removal efficiency of a laboratory-scale constructed wetland. – *Water Research* 39. pp. 248–256.

Szerkesztette: Lóczy Dénes

Geográfia a Kultúra Fővárosában I.

Az V. Magyar Földrajzi Konferencia
természetföldrajzi közleményei

