

VII. MAGYAR FÖLDRAJZI KONFERENCIA KIADVÁNYA

2014 Miskolc

**Kiadó: Miskolci Egyetem
Földrajz – Geoinformatika Intézet**



Szerkesztette:
Kóródi Tibor
Sansumné Molnár Judit
Siskáné Szilasi Beáta
Dobos Endre

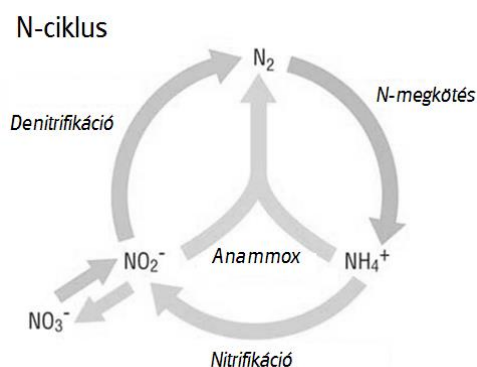
ISBN 978-963-358-063-9

NITROGÉNFORGALOM-VIZSGÁLATOK RÉTI TALAJON⁵⁹

BEVEZETÉS

A talajok anyagforgalmának vizsgálata sok tudományterület érdeklődésére tarthat számot. Ahogyan a talajt is több szféra alkotja, hozza létre, úgy a benne zajló folyamatok is több irányból közelíthetők meg a résztvevő talajalkotók (és az ezekkel foglalkozó tudományterületek szerint) (Huang et al. 2005). Három fő szempontból szokták vizsgálni a talaj anyagforgalmát: *biológiai* (mikroszervezetek, növények szerepe), *geológiai* (szilárd fázis ásványos összetétele) és *hidrológiai* (különböző anyagok szállítódása vertikálisan és horizontálisan) szempontból. A talaj egységként való vizsgálata meglehetősen ritka, és mivel csak valódi terepen megvalósítható, az eredmények a rengeteg figyelembe veendő tényező miatt kevésbé általánosíthatók. Ezért elterjedtek az ún. *batch-scale* kísérletek, pl. amikor valamilyen növényfaj talajra gyakorolt hatását vizsgálják laboratóriumi, szigorúan ellenőrzött, vagy szabályozott körülmények között (pl. Farsang et al. 2007; Fu et al. 2002). Sok hasznos információ birtokába jutott így a tudomány, de ezek jelentősége egy valódi életközösségekben kérdéses, pontosan a sok, laborban kizárt, ám a terepen meglévő és működő hatás miatt.

2010 óta folyó kutatásunk egy valódi élőhelyen folyik, fő célunk pedig az, hogy a növényzet talajra gyakorolt rövid távú (napszakos, évszakos) hatásait felmérjük. Ennek kapcsán a talajoldatban különféle makroelemek, makroelem-családok koncentrációit, és ezek változásait is mérjük (Szalai et al. 2011). Nemrég kezdtünk el komolyabban foglalkozni az egyik ilyen családdal, amely a nitrogénformák csoportja. A nitrogén jelentősége a földi anyagforgalomban közsímet, a talaj pedig az a szféra, ahol a nitrogén természetes úton belép ebbe az anyagforgalomba a nitrogénkötő baktériumok révén (Kopáček et al. 2013). A nem természetes bejuttatás (a műtrágyázás) a 20. század elején-közepén kezdődött, miután a Haber-Bosch reakció kidolgozása és elterjedése lehetővé tette a meglehetősen inert N_2 gáz levegőből történő megkötését a vegyipar számára (Erisman et al. 2008). Az 1. ábrán látható, hogy a nitrogén milyen főbb folyamatokon keresztül és mely szervesetlen formákba alakul át a mikroszervezetek működése révén a talajban.



1. ábra: A szervesetlen nitrogénciklus legfontosabb folyamatai a talajban (www.waterworld.com - William Atkinson ábrája alapján)

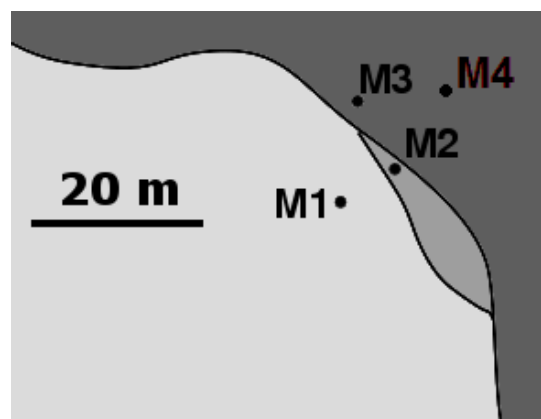
⁵⁸ Horváth-Szabó Kata: ELTE TTK Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék
E-mail: katuszab@gmail.com

⁵⁹ A kutatást az OTKA 100180 számú pályázata támogatta.

Kutatásunkban a nitrogénformák kapcsán arra kerestük a választ, hogy mely formákban jelennek meg a vizsgált területen, milyen összefüggések mutathatók ki a növényzet és a megjelenési formák, valamint a talajjellemzők alakulása és az átalakulási reakciók között.

KUTATÁSUNK

Mintaterületünk Ceglédbercel határában, a Gerje-főcsatorna közelében levő mocsárréten található. Ez a térség a Duna-Tisza-közi homokhát északi pereme, az alapkőzet ennek megfelelően homok. A 2. ábrán látható a mintaterület helyszínrajza, rajta az M1, M2, M3 és M4 elnevezésű mintavételi pontok, illetve különböző árnyalattal jelölve az eltérő növényzeti foltok. Ezek a vízhatás gyors erősödése (M1-M4 irányban) miatt igen sűrűn követik egymást, határvonaluk éles, és jól jellemezhetőek egy-két uralkodó növényfajjal, amelyek sorrendben a következők: M1 – fehér tippán (*Agrostis stolonifera*); M2 – sásos (*Carex riparia*, *Carex melanostachya*); M3, M4 – nádas (*Phragmites australis*). A pontok talaja homokon kialakult típusos réti talaj, amely a víz hatására fokozatosan alakul át, és az M3 és M4 pontban már láptalajként írható le.



2. ábra: A mintaterület helyszínrajza

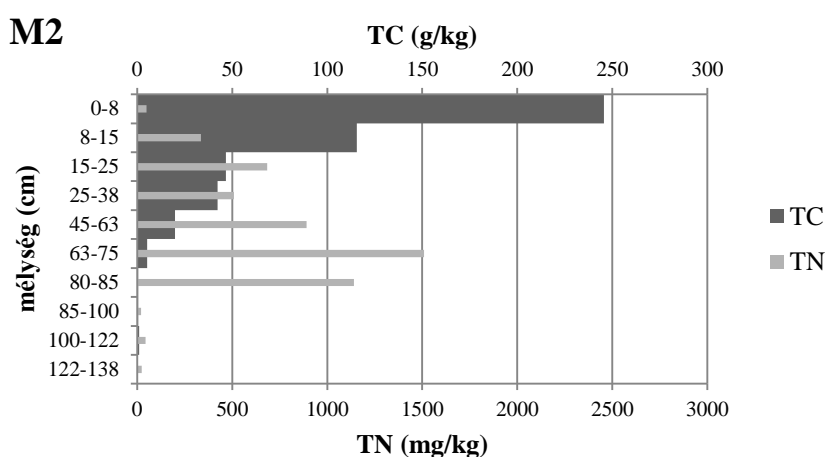
2010 óta folynak kampányszerű terepi méréseink, általában minden év július elején. A mérések három fő paramétercsoportra irányulnak: 1. talaj Eh és pH; 2. talajoldat makroelem-koncentrációi (a nitrogénhez kapcsolódóan mások mellett: NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , oldott szerves nitrogén - DON); 3. felszíni mikroklíma. A talajoldat-mintavételhez a pontokban fűt kutakat létesítettünk, és a kampányok során állandó időközönként (2-3-4 óránként) vettünk mintát, majd ezeket tartósítás után laboratóriumban mértük meg UV-VIS fotometriás módszerrel (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+), illetve TOC-analizátorral (DON). A kutatás kezdetén történt meg a talaj szilárd fázisának furatmintából történő behatóbb vizsgálata, valamint a pontok felvételének alapjául szolgáló növényzeti felmérés is. Miután megkaptuk az eredményeket, adatelemző módszerekkel kerestünk kapcsolatokat a különböző paraméter-csoportok között.

EREDMÉNYEK ÉS TÁRGYALÁSUK

Mivel a kutatás csak nemrég kezdett a nitrogénformákra fókuszálni, első eredményeinket tudtuk bemutatni a szélesebb nyilvánosságnak, és itt is ezeket a – sokkal inkább további kutatási irányokként tekinthető – főbb pontokat szeretnénk röviden összefoglalni.

A szilárd fázis nitrogéntartalma

A 3. ábrán látható az M2 pont talajának teljes szén (TC) és teljes nitrogén (TN) tartalma a mélység függvényében. A széntartalom a mélységgel csökken, egyértelműen a humusztartalom csökkenése miatt. A nitrogéntartalom ehhez képest pontosan fordítva jelentkezik: a mélységgel nő a jelenléte, elér egy maximumot, majd tovább haladva szinte eltűnik a mintákból. Várakozásaink szerint a nitrogéntartalomnak a szénhez hasonlóan a humuszfrakcióhoz kapcsolódva kellett volna változnia, ám nem ez figyelhető meg. Minden pontban hasonlóan alakultak a görbék, azzal a különbséggel, hogy a maximális értékek minden pontnál a talajvízszint vonalában jelentkeznek. Ebben a mélységben található a vízszintingadozás hatására amorf oxidált vasásványokban (Fe^{3+}) feldúsuló réteg (Thompson et al. 2006). Az ásványok nagy fajlagos felülete nagyban elősegíti az egyéb makroelemek adszorpcióját, így feltételezésünk szerint a nitrogén mélybe vándorlása után a vashoz kötődve jelent meg a szilárd fázisban. Ezt támasztja alá, hogy a maximumok elérése után eltűnik a nitrogén a szilárd fázisból, hiszen a talajvízszint alatti anaerob rétegekben a vas oldott formában van jelen (Fe^{2+}). A feltételezés igazolásához a vastartalom mérése és az eredmények összevetése szükséges.



3. ábra: A szén és nitrogén megjelenése a szilárd fázisban a mélység függvényében (M2 pont, 2012. szeptember)

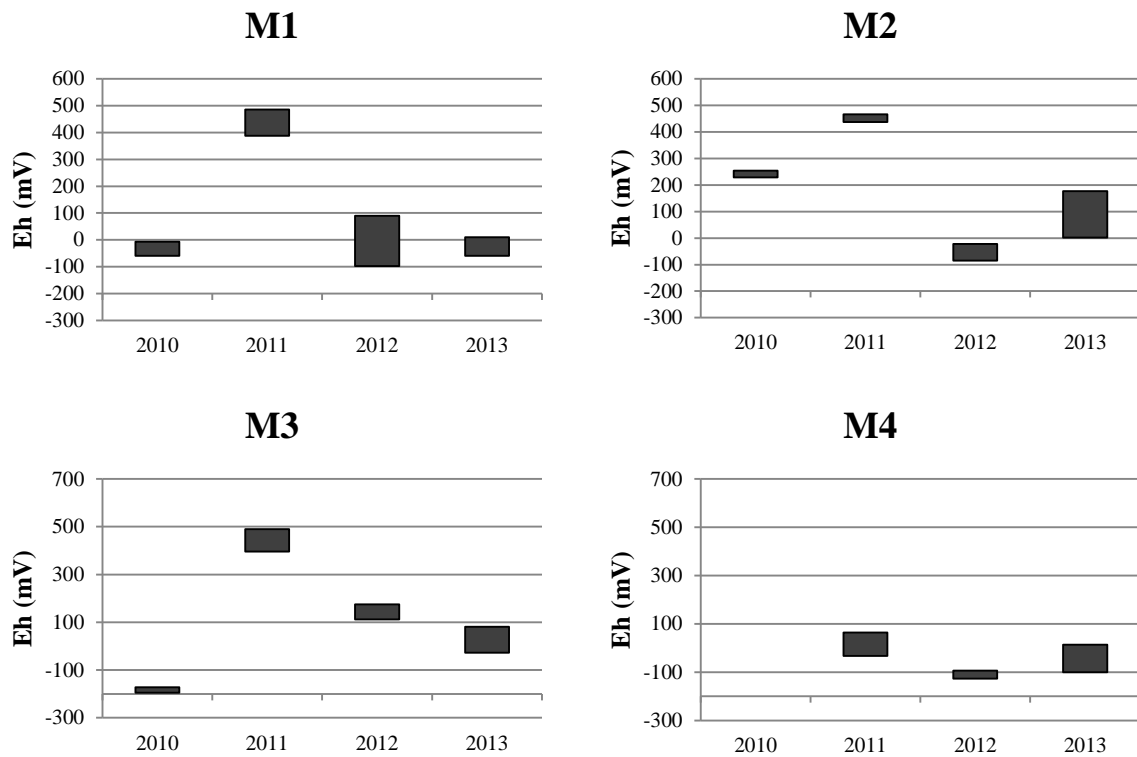
Az oldott fázis nitrogéntartalma

Az oldott fázis összetételének vizsgálatához elsőként a talajkörnyezetet szükséges felmérni. Legfontosabb paraméterek a redoxpotenciál (Eh) és a pH. Utóbbi szempontjából mintaterületünk talaja meglehetősen kiegyenlített, semleges kémhatású, nagyon enyhe ingadozásokkal. A pontok között sem találtunk nagy különbségeket. A redoxpotenciál ugyanakkor igen markáns, főleg évszakos ingadozást mutat, ami azért érdekes, mert így semmilyen kapcsolatot nem tudtunk felfedezni a pH és redoxpotenciál között, holott a kémiai összefüggés létezik (Filep és Füleky 1999)

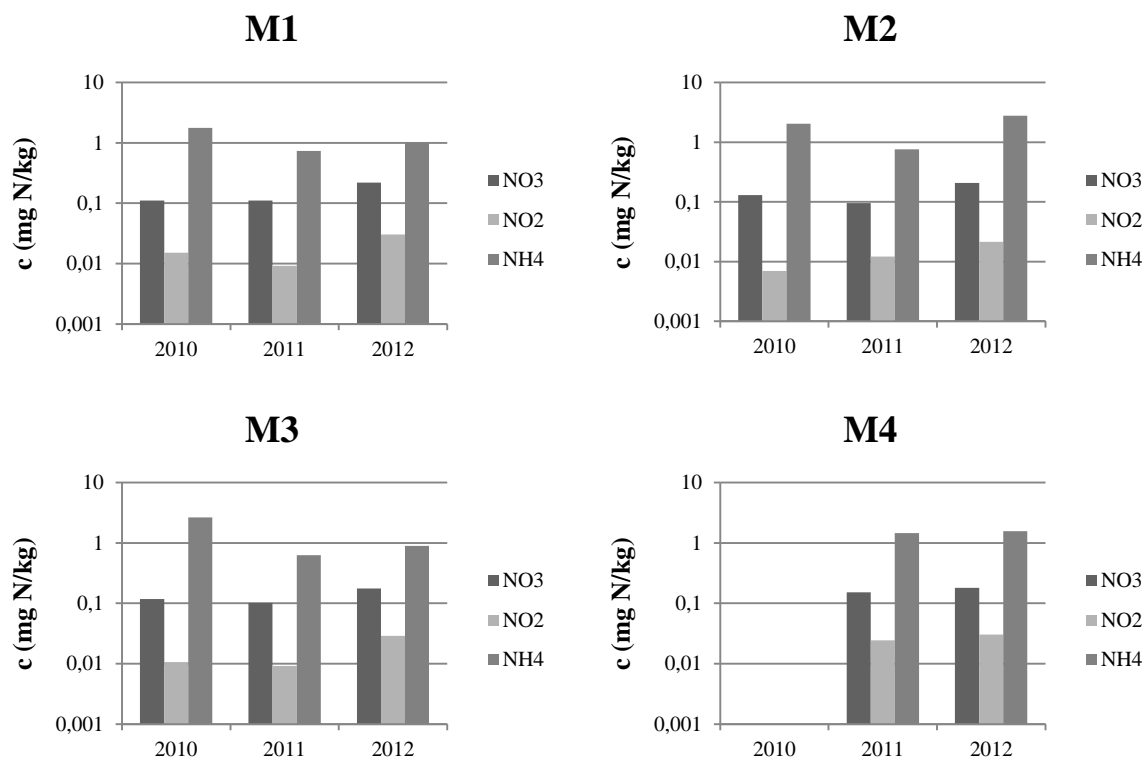
A 4. ábrán a nyári kampányok során mért redoxpotenciál-tartományok láthatók a 4 pontban. Az első évben a legnagyobb értékeket az M2 pontban mértük, ami érdekes, hiszen ez a pont a vízhatás gradiense mentén felvett transzektben a két végpont (M1 és M3) között helyezkedik el, átmenetet képez (M4 később lett felvéve). Feltételezésünk szerint az eltérő növényzettípusok okozzák az Eh ilyen nagymértékű módosulását.

A második évtől a szárazabb időszak miatt a talaj vízzel való telítettsége megszűnt, így a redoxpotenciál minden pontban (a nádas mélyebb részén felvett M4 kivételével) +400 mV fölé

került. Ez a szint oxigén jelenlétét feltételezi (Husson 2013). A következő években kezdett el lassan visszatérni a rendszer a kiinduló állapotba.



4. ábra: A redoxpotenciál változása a mintavételi pontokban (2010-2013)



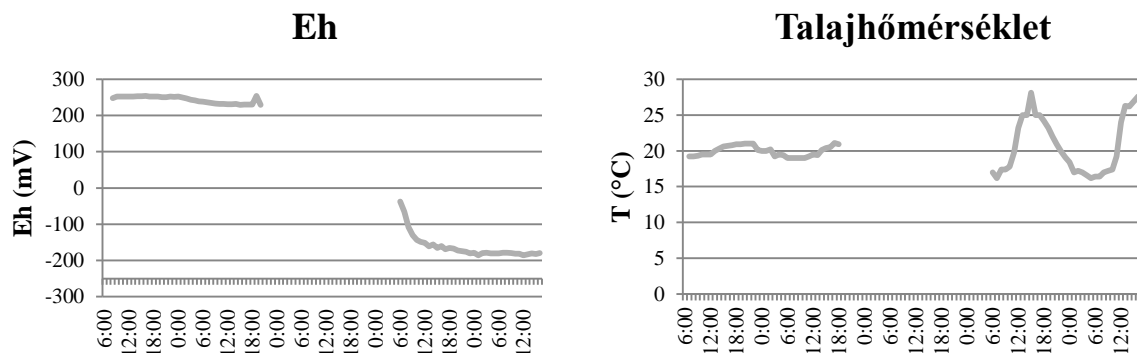
5. ábra: Különböző nitrogénformák aránya az egyes pontokban

Az oldott szerves nitrogén három fő megjelenési formája (redukciós sorrendben) a nitrát (NO_3^- ; oxidációs szám: +5), nitrit (NO_2^- ; oxidációs szám: +3) és az ammónium (NH_4^+ ; oxidációs szám: -3). A redukált közegben tehát ennek megfelelően ammónium formájában várható a jelenléte. Az 5. ábrán a három makroelem egy pontban, adott év nyarán mért koncentráció-értékeinek mediánját ábrázoltuk logaritmikuskálán. Látható, hogy valóban az ammónium az uralkodó forma. A nitrát is kimutatható, koncentrációja egy nagyságrenddel kisebb. A nitrit a kimutatási határ közelében, újabb egy nagyságrenddel kisebb koncentrációban van jelen, ami nem meglepő tekintve, hogy igen reakcióképes, átmeneti formáról van szó. A redoxpotenciál változásai, és különösen a száraz időszak miatti oxidatív állapot tükröződik az ammónium koncentrációján, amely 2011-ben (2010-hez képest) markánsan lecsökkent. 2012-ben megfigyelhető a nitrát és nitrit koncentrációjának növekedése is, ám a durván nagyságrendnyi különbség végig megmaradt a különböző formák között.

Együttes előfordulásuk jelzi, hogy a talajkörnyezet igen összetett rendszer, a rendkívül különböző redoxkörnyezetet igénylő folyamatok egyszerre vannak jelen és működnek a talaj mikrorégióiban. Arányukon csak kismértékben tudott változtatni a markáns redoxpotenciál-változás is, pl. az M1, M3 pontban.

Egy tanulságos eset

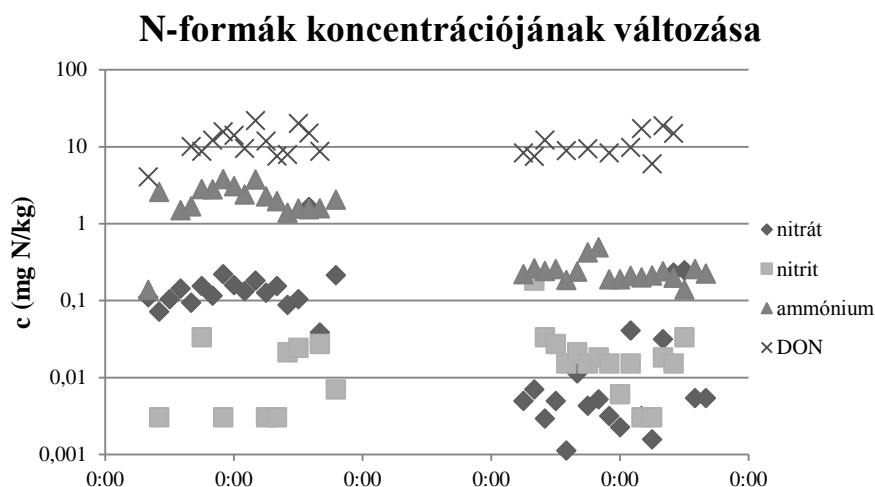
A talajoldat hirtelen nitrogén-vesztését tudtuk megfigyelni 2010-ben, egy mintavételezési hiba kapcsán. A mérést végzők óvatlanul letaposták a növényzetet a mintavételi pont körül. Mivel éppen nedvesebb időszak volt, a letaposott növényzet beleragadt a sárba és nem tudott felegyenesedni. A mérés ekkor 2 db 36 órás szakaszból állt, és a második szakaszban a taposás miatt igen érdekes jelenségeket tapasztaltunk. (6. ábra) Az M2 pontban (sásos) változott a legmarkánsabban a redoxpotenciál: több mint 400 mV-ot csökkent a két mérési szakasz között, azaz kevesebb, mint 1 nap alatt. Azt, hogy a változást a növényzet letaposása okozta, alátámasztja a talajhőmérséklet alakulása, amely az első mérési szakaszban viszonylag állandó volt, a második szakaszra viszont jelentősen ingadozóvá vált, mert megszűnt a növényzet szigetelő hatása. Az erősen reduktív viszonyok kialakulása a sások gyökérlevegőztetésével függ össze. Ez gyakorlatilag megállt, miután a teljes levélzet a víz alá került, és így nem tudott oxigént felvenni a növény, majd azt lejtattani a gyökérzónába (Visser et al. 2000).



6. ábra: Redoxpotenciál és talajhőmérséklet alakulása az M2 pontban (2010. 07. 05-09.)

A jelenség oldott nitrogénformákra gyakorolt hatását a 7. ábrán láthatjuk, ismét logaritmikuskálán. A szerves nitrogén (DON) koncentrációja lényegében nem változott. A szerves formák aránya viszont jelentősen átrendeződött. Az ammónium és nitrát koncentrációja is egy nagyságrendet csökkent, míg a nitrit észrevehetően megnőtt. A redoxpotenciál erőteljes csökkenése megmagyarázza a nitrátkoncentráció csökkenését: a denitrifikáció folyamata indult meg (1. ábra), melynek során több lépcsőben redukálódik a nitrát

dinitrogén-oxiddá (N_2O), majd nitrogéngázzá (N_2). A nitritkoncentráció növekedése is ennek a folyamatnak tudható be, hiszen a nitrát közvetlenül nitritté alakul, azonban gyorsabban, mint amilyen gyorsan a nitrit tovább alakulna a folyamatokból nyerhető energia különbsége miatt (a mikroszervezetek ez alapján preferálják a nitrátot, mint elektrondonort) (Rivett et al. 2008).



7. ábra: Nitrogénformák koncentrációjának alakulása a taposás után (2010. 07. 05-09.)

Az ammónium koncentráció erőteljes csökkenése azonban más folyamat jelenlétére is utal. Az erőteljesen redukív környezet alapján feltételezésünk szerint ez az ún. anammox (anaerob ammónium oxidáció) reakció lehet (1. ábra), amely során az ammónium nitrittel összekapcsolódva nitrogéngázzá (N_2) alakul. A reakció létrejöttének kedvez a nitritkoncentráció növekedése is. Talajban eddig nem nagyon történtek vizsgálatok ezen folyamat gyakoriságára, jelentőségére nézve, hiszen magát a reakciót és a benne részt vevő baktériumfajokat csupán a '90-es években írták le. (Mulder et al. 1995) Tengeri és édesvízi környezetben azonban legalább 50%-osra becsülik a nitrogéngáz-termelésben való részvételét, így feltételezhető, hogy más oxigénhiányos, vizes környezetben is működik. (Yang et al. 2012). A feltételezés igazolásának egyik lehetséges módja lenne a talajlevegőzés során eltávozó gázok analízise.

ÖSSZEGZÉS

A kutatás során eddig a következő megállapításokat tettük:

- A talaj szilárd fázisában a nitrogén mennyisége a mélységgel növekszik a talajvízszintig, ez után igen gyorsan válik szinte nem mérhetővé.
- Az oldott fázisban a szerves formák közül – a redoxpotenciál alapján vártak megfelelően – az ammónium az uralkodó, kb 90%-os aránnyal. Második leggyakoribb a nitrát, a harmadik a nitrit.
- A rendszer érzékeny a redoxpotenciál-változásokra, ugyanakkor lassú (évszakos, éves), de jelentős változás hatására is csupán kissé változik a szerves formák aránya.
- A növényzet kiiktatása azonban gyors és markáns változásokat okoz mind a redoxpotenciál szintjében, mind a talajoldat összetételében.

Feltételezéseink:

- A szilárd fázis amorf vasoxid-ásványain kötődik meg a nitrogén.

- A növényzet erőteljesen szabályozza a talaj anyagcseréjét nem csak a közvetlen gyökérkörnyezetben. Amikor ez a hatás kiiktatódik, az egyéb folyamatok (mikrobiális, esetleg abiotikus) nyernek teret.

További terveink között szerepel a fenti feltételezések igazolása a már meglévő adatok feldolgozásával, illetve új mérések bevezetésével. Ezek közül a legfontosabbak:

- A szilárd fázis vastartalmának meghatározása és összevetése a nitrogéntartalommal.
- Az oldott szerves nitrogén szerepének meghatározása.
- Kapcsolat keresése a talaj nitrogén- és széntartalma között mind az oldott, mind a szilárd fázis tekintetében.
- A növényzet regulátor szerepének kísérleti igazolása.
- Optimális talajgáz-mintavételi módszer kidolgozása és bevezetése.

FELHASZNÁLT IRODALOM

ERISMAN JW, SUTTON MA, GALLOWAY J, KLIMONT Z, WNIWARTER W. 2008. How a century of ammonia synthesis changed the world. *Nature Geoscience* 1: 636-639.

FARSANG A, CSER V, BARTA K, MEZŐSI G, ERDEI L, BARTHA B, FEKETE L, POZSONYI E. 2007. Indukált fitoextrakció alkalmazása extrémén szennyezett földszerű anyagon. *Agrokémia és Talajtan* 56: 317-332.

FILEP GY, FÜLEKY GY. 1999. A talaj kémiai tulajdonságai In: Stefanovits P. (szerk.) *Talajtan*. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 86-129.

FU S, CHENG W, SUSFALK R. 2002. Rhizosphere respiration varies with plant species and phenology: A greenhouse pot experiment. *Plant and Soil* 239: 133-140.

HUANG PM, WANG MK, CHIU CY. 2005. Soil mineral-organic matter-microbe-interactions: Impacts on biogeochemical processes and biodiversity in soil. *Pedologia* 49: 609-635.

HUSSON O. 2013. Redox potential (Eh) and pH as drivers of soil/plant/microorganism systems: a transdisciplinary overview pointing to integrative opportunities for agronomy. *Plant and Soil* 362: 389-417.

KOPÁČEK J, COSBY BJ, EVANS CD, HRUŠKA J, MOLDAN F, OULEHLE F, ŠANTRŮČKOVÁ H, TAHOVSKÁ K, WRIGHT RF. 2013. Nitrogen, organic carbon and sulphur cycling in terrestrial ecosystems: linking nitrogen saturation to carbon limitation of soil microbial processes. *Biogeochemistry* 115: 33-51.

MULDER A, VAN DE GRAAF AA, ROBERTSON LA, KUENEN JG. 1995. Anaerobic ammonium oxidation discovered in a denitrifying fluidized bed reactor. *FEMS Microbiology Ecology*. 16: 177-184.

RIVETT MO, BUSS SR, MORGAN P, SMITH JWN, BEMMENT CD. 2008. Nitrate attenuation in groundwater: A review of biogeochemical controlling processes. *Water Research* 42: 4215-4232.

SZALAI Z, KISS K, HORVÁTH-SZABÓ K, JAKAB G, NÉMETH T, SIPOS P, FEHÉR K, SZABÓ M., MÉSZÁROS E, MADARÁSZ B. 2011 . A vas oldékonyságának évszakos és

napszakos dinamikája típusos réti talajban és tőzeges láptalajban. Talajvédelem különszám. 167-175.

THOMPSON A, CHADWICK OA, RANCOURT DG, CHOROVER J. 2006. Ion oxidecrystallinity increases during soil redox oscillations. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 70: 1710-1727.

VISSER EJW, BÖGEMANN GM, VAN DE STEEG HM, PIERIK R, BLOM CWPM. 2000. Flooding tolerance of *Carex* species in relation to field distribution and aerenchyma formation. *New Phytologist* 148: 93-103.

YANG WH, WEBER KA, SILVER WL. 2012. Nitrogen loss from soil through anaerobic ammonium oxidation coupled to iron reduction. *Nature Geoscience* 5: 538-541.

<http://www.waterworld.com/articles/print/volume-29/issue-8/editorial-features/breeding-better-bugs.html>