

**A talajsavanyodás által előidézett egyéb talajdegradációs folyamatok
és az ezekre vonatkozó indikátorok kidolgozása**
OTKA Posztdoktori (D 048592) zárójelentés

Bevezetés

A talajsavanyodás stádiuma a talaj egyik fontos tulajdonsága, mely meghatározza a talaj fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságait. Befolyásolja a növényi tápanyagok felvehetőségét, a mikrobiológiai folyamatokat, valamint azt, hogy az adott területen milyen természetes növényfajok dominálnak, illetve, hogy a mezőgazdasági termelésben milyen természetű növény ad nagy terméshozamot.

Az OTKA Posztdoktori Pályázatomban a célkitűzésem az volt, hogy a talajsavanyodási problémakör tanulmányozását kiterjesszem a talajsavanyodás által előidézett egyéb talajdegradációs folyamatok vizsgálatára, illetve az ezekre vonatkozó indikátorok kidolgozására. A talajsavanyodás, mint egy természetes talajdegradációs folyamat számos, nem kívánatos talajleromlási folyamatot indíthat el, melyek a talaj termékenységét együttesen rontják le. Ezek a folyamatok, pl. a talajszerkezet leromlása, az ebből következő rossz levegő- és vízgazdálkodás, növekvő defláció és erózió, ezáltal a szerves anyag, illetve a biodiverzitás csökkenése, ásványtani összetételben bekövetkező változások, stb. Ezen degradációs folyamatok, illetve a közöttük lévő összefüggések tanulmányozása volt a kutatási célkitűzés.

Anyag és módszer

Mintavételi terület, talajok

1. A vizsgált talajok mintavételi helyei és típusaik a következők voltak:
 - Gödöllő /barnaföld/, (TIM pont: E 0213) (Cambisol, WRB – World Reference Base)
 - Karád /agyagbemosódásos barna erdőtalaj/, (Luvisol, WRB),
 - Mátrafüred /agyagbemosódásos barna erdőtalaj/, (Luvisol, WRB),
 - Mátra 23 /savanyú, nem podzolos barna erdőtalaj/, (Luvisol, WRB),
 - Oltárc /agyagbemosódásos barna erdőtalaj/, (TIM pont: E 6120) (Luvisol, WRB),
 - Zalavár /rétláp/, (TIM pont: S 4920) (Histosol, WRB), és
 - Velem /savanyú, nem podzolos barna erdőtalaj/, (TIM pont: I 0218), (Alisol, WRB)

2. A vizsgálat részét képezte a Szent István Egyetem Tangazdaságában, Józsefmajorban végzett vizsgálatosorozat is. Vizsgálatainkat egy eróziós grádiens (katéna) mentén végeztük el mezőszéki talajokon, melyek jól mutatták az erózió és a fizikai degradáció különböző fokozatait. Négy szelvényt tártunk fel, s végeztük el a részletes kémiai, fizikai és biokémiai vizsgálatokat, melyek alapján a következő degradációs szinteket különítettünk el: a katéna legfelső részén a nem erodált (referencia); a középső szakaszokon a gyengén és a nagyon erodált, majd a lejtő alján a szedimentációs terület. Célkitűzésünk volt annak tanulmányozása, hogy az ugróvillások (Collembola), a földigiliszták (Lumbricidae) egyedszáma és fajösszetétele hogyan változik az abiotikus környezet térbeli változásával összefüggésben.

Józsefmajorban (SZIE Tangazdasága) az eróziós grádiens mentén a négy talajszelvény típusa:

1. Mészlepedékes mezőszéki talaj (Nem erodált), (Chernozem, WRB)
2. Mészlepedékes mezőszéki talaj (Kissé erodált), (Chernozem, WRB)
3. Földes kopár (Nagyon erodált), (Cacisol, WRB)
4. Lejtőhordalék (Szediment terület), (Chernozem, WRB).

Laboratóriumi vizsgálatok

Az előkészített talajmintákon a következő **rutin laboratóriumi vizsgálatokat** végeztem el:

1. A talajszuszpenzió pH-értékének mérése desztillált vizes és KCl-os közegben.
A talaj:folyadék aránya 1:2,5.

2. Hidrolitos (y_1) savanyúság vizsgálata Kappen (1929) módszere alapján /8,2 pH-értékű 0,5 M $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2/$.
3. A kicserélődési savanyúság (y_2) vizsgálata /1 M KCl/ (Buzás, szerk., 1988).
4. A kationcsere-kapacitás (T-érték) meghatározása a módosított Mehlich módszer segítségével (Buzás, szerk., 1988).
5. A talaj szerves anyag tartalmának meghatározása Walkley-Black (Walkley, 1947) módszerével.
6. A teljes CaCO_3 tartalom meghatározása Scheibler módszerével (Buzás, szerk., 1988).

Nem rutin jellegű laboratóriumi vizsgálatok a következők voltak:

1. A talajmintákon megvizsgáltam a talajok **sav/bázis pufferkapacitását** a talajszuszpenzió potenciometriás titrálásával (Filep, 1998). Az ásványi talajoknál a titrálást az A, E, és a B genetikai szintekből vett mintákon, illetve a szerves talaj H1 szintjéből vett mintákon végeztem el. A talajszuszpenziót 0,5 g talaj, 60 ml desztillált víz és néhány csepp 1 M KCl oldat hozzáadásával készítettem el. A titrálás során 0,1 M KOH oldatot adagoltunk folyamatosan automata büretta segítségével a szuszpenzióhoz, miközben a pH változást számítógép segítségével nyomon követtük és rögzítettünk.

2. A talajsavanyodás hatásának vizsgálata a talaj szerkezetére, **mikroaggregátum stabilitására** a reológia segítségével történt. A méréseket a Szegedi Tudományegyetem Kolloidkémia Tanszékén végeztük HAAKE RS150 típusú reométerrel, Vane típusú FL22 mérőfejjel. A mérések azonos körülmények között, 25°C-on történtek a desztillált vízben szuszpendált talajokból önként kialakuló egyensúlyi üledékekben. Az abszolút folyáshatár meghatározása a következő paraméterek mellett történt: 5 mm rés a mérőfej és a mintatartó edény alja között, sebesség kontrol (CR) 0,1 $1/s$ sebességgradiensnél, 100 mérési pont a 120 másodperces mérési idő alatt.

3. Vizsgáltam a talajsavanyodás hatását a **talaj ásványtani összetételére**, ásványtani változására. A Röntgen-diffrakciós vizsgálatot a talajok két genetikai szintjéből (feltalaj, és a B szint) származó mintán végeztük el három frakción: finom por (5-2 μm), durva agyag (2-0,2 μm) és finom agyag (<0,2 μm). Ezen vizsgálatok révén a talaj különböző szemcsefrakcióiban lévő ásványi alkotóinak mennyiségi és minőségi összetételéről kaphatunk információt, illetve arról, hogy az ásványtani eloszlás hogyan változik a mélységgel. A frakciókon a következő kezeléseket végeztük el: (1) Mg-telítést + glicerinnel való kezelést; (2) K-telítést, légszáraz; (3) K-telítés, 100°C-ra hevített; (4) K-telítés, 300°C-ra hevített; (5) K-telítés, 550°C-ra hevített.

Eredmények és következtetések

A talajok **pH(H₂O) értéke** 4,61-8,00; míg a **pH(KCl) értéke** 3,29-6,69 között volt a szelvények egészében. A feltalaj pH(H₂O) értéke 4,97-7,02, míg a pH(KCl) értéke 3,81-6,09 volt. A pH értékek kissé csökkenő tendenciát mutattak a következő szintben, valószínűleg amiatt, hogy itt kevesebb a pufferhatású talajalkotó (szerves anyag, agyagásvány). A szelvény mélyebb szintjeiben általában kissé emelkedtek a pH-értékek.

A vizsgált ásványi talajok **hidrolitos savanyúsága** (y_1) a legmagasabb értékeket általában a feltalaj, humuszban gazdag szintjében adták. Lefelé haladva a szelvényben egyre csökkenő értékeket kaptunk. Az y_1 elsősorban a humuszanyagok változó töltéseikhez kapcsolódó H^+ ionok mennyiségének meghatározására szolgál, így érthetően a szerves anyag szelvényen belüli csökkenésével párhuzamosan az y_1 értékek is csökkennek.

A szerves talaj esetében (Zalavár, rétláp) az y_1 értékek fokozatosan növekvő tendenciát adtak. Ez esetben ugyanis a szerves anyag a szelvény egészében magas (H1: 45%, H2: 51%, H3: 70%, H4: 73%, H5: 42%), vagyis nagy a humuszanyagok funkciós csoportjain található változó negatív töltésű helyek száma, ezért kaphattunk magas y_1 értékeket.

A talajok **kicserélődési savanyúsága** (y_2) nagyon alacsony értékeket (0,2-0,8) adtak a vizsgált ásványi talajok felső szintjében. A kicserélődési savanyúság elsősorban az állandó töltésű

helyeken (ásványi kolloidokon) adszorbeált H^+ ionok mennyiségének meghatározására szolgál. Mivel a feltalajban elsősorban a változó töltésű helyek aránya a nagyobb, érthető, hogy miért kaptunk alacsony y_2 értékeket. A Gödöllő és a Zalavár szelvényben nem detektáltunk y_2 értéket. A szelvény mélyebb részein kissé nagyobb y_2 értékeket kaptunk (0,25-3,9 között).

Az ásványi talajok **szerves anyag tartalma** – várhatóan – a legnagyobb értéket (1,56-5,8%) a feltalajban adták, majd csökkenő tendenciát találtunk. A szerves talaj esetében a H3 (70%) és a H4 (73%) szintben kaptuk a legmagasabb értékeket, de a szelvény egészében magas szerves anyag szintet tapasztaltunk.

Az ásványi talajok **kationcsere-kapacitása** magas értéket adott a feltalajban és a B vagy Bt szintben. Ennek magyarázata, hogy a feltalajban magas a szerves anyag tartalom, mely az egyik fontos pufferképességgel rendelkező talajkomponens, illetve a mélyebb szintekben bekövetkező agyagbemosódás (Bt) folyamata miatt felhalmozódott agyagfrakció felel a további magasabb kationcsere-kapacitásért.

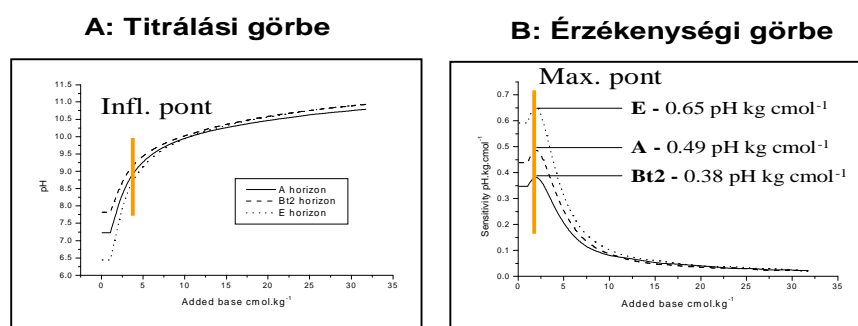
A szerves talaj esetében a kationcsere-kapacitás egyenletes lefutást adott az elsősorban szerves anyag által biztosított nagy pufferkapacitás miatt.

A **CaCO₃ tartalom** nem volt mérhető mennyiségben a vizsgált talajokban.

Mindezen eredményekből egy általános tájékoztatást kaptam a különböző talajok savanyodási mértékére, illetve a pufferképességeire vonatkozóan.

A **nem rutin jellegű laboratóriumi vizsgálatok** eredményei a következők lettek:

1. A talajok **sav/bázis pufferkapacitásának** vizsgálata során titrálási görbéket kaptunk, melyeken az adagolt lúg függvényében a pH változást ábrázoltuk és nyomon követtük. A kapott titrálási görbéket érzékenységi görbék formájában látványosabban meg lehet jeleníteni. Az **1. ábrán** láthatjuk, hogy ahol a titrálási görbe inflexiós pontja van, ott található az érzékenységi görbe maximum értéke. Vagyis az a pont adja számszerűen kifejezve azt az értéket, amely kifejezi az adott talajminta lúggal szembeni legnagyobb érzékenységét.



1. ábra. A titrálási (A) és az érzékenységi görbe (B) közötti kapcsolat sematikus ábrázolása

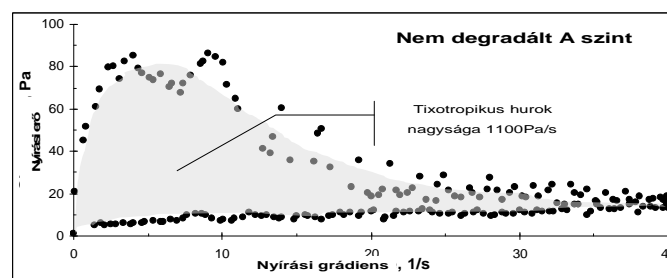
Az ásványi talajok sav/bázis puffertitrálásának eredményeként megállapíthatjuk, hogy az E szint (Karád minta esetében pl. 0,65 pH kg cmol⁻¹) (1/B. ábra, B: érzékenységi görbe) mutatta a legnagyobb érzékenységet a beérkező lúg hatására a vizsgált talajmintákban, mivel ebből a szintből a nagy puffer-tulajdonságokkal rendelkező szerves és szervetlen kolloidok nagy része kimosódott. A legkisebb érzékenységet a B szint (0,38 pH kg cmol⁻¹) (1/B. ábra) adta, a benne lévő magas agyagtartalomnak köszönhetően. Közepes érzékenységi fokozatot általában az A szintben (0,49 pH kg cmol⁻¹) (1/B. ábra) tapasztaltunk az ott felhalmozódott szerves anyag nagy tompítóképesége miatt.

A szerves talajban (Zalavár, rétláp talaj) a szelvény nagyfokú homogenitása miatt három feltalaj (H1/6/; H1/11/; és H1/12/) mintát vizsgáltunk meg. Ezeknek a szinteknek az érzékenysége nagyon hasonló értékeket adott: H1/6/: 0,38; H1/11/: 0,31; H1/12/: 0,30 pH kg cmol⁻¹.

Összességében megállapíthatjuk, hogy a sav/bázis puffertitrálás nagyon jól használható az egyes talajsintek érzékenységének számszerű kifejezésére. A talajok pufferképességét talajsintenként célszerű kifejezni, mivel az szint-specifikus tulajdonság, és nem pedig a talajt egészében jellemző tulajdonság.

2. A talaj szerkezetére, a **mikroaggregátum-stabilitására** vonatkozó reológiai vizsgálat sorozat elvégzésére azért volt szükség, hogy pontosan és számszerűen fejezzük ki a szerves és ásványi összetevők hatását a szerkezetre.

Józsefmajorban a vizsgált katéna mentén a négy szelvény erodáltsági fokozatai: referencia szelvény: nem erodált; kissé és nagyon erodált; ill. szedimentációs terület. A platón elhelyezkedő referencia szelvény mély (90 cm), sötét színű A szinttel rendelkezik, de nem ideális, aprómorzsás szerkezetű, hanem száraz állapotban poros, illetve a mélyebb részekben, kemény, tömődött hasábos szerkezetű. E talaj szántott rétege alatt az A2 szint megőrizte kedvező morzsás szerkezetét („nem degradált A szint”). Ehhez a szinthez tartozó reológiai görbék (2. ábra) felszálló ága azt mutatja, hogy a szerkezet aránylag nagy nyírófeszültséget képes elviselni a nagy szerves anyag tartalomnak köszönhetően. A részecskék közötti kötőerők a nyírás (sebesség) növekedésével hirtelen szakadnak fel, és a nyírás csökkentése (leszálló görbe szakasz) során nem mutatnak visszaépülést a részecskék közötti hálózatban.



2. ábra. A nem degradált mezőségi talaj A szintjének folyásgörbéi (A szuszpenziók koncentrációja 64-66 g/100g)

A lejtő közepén elhelyezkedő, közepesen erodált, csonkult A szinttel (40 cm szerves anyagban gazdag szint) rendelkező talaj („degradált A szint”) felső része lemezes, alább hasábos, nagyon kemény, tömődött. Gyökerek csupán a szerkezeti elemek között tudnak a mélybe lehatolni. A minta folyásgörbéi eltérnek az előzőétől annak ellenére, hogy kémiai összetételük szinte megegyezik velük. Az ebből a talajból származó minta felszálló ága csökkent részecske-részecske közötti kötőerőre utal. A hirtelen szétesés és vissza nem épülés hasonló, az előbbieken bemutatott nem degradált „A” szinthez. Ugyanezen, kissé erodált szelvény „B szintjének” reológiai tulajdonságai sokban hasonlítanak a fent tárgyalt degradált A szint folyásgörbéihez (hasonló nyíróerő, hirtelen szétesés azonos nyíróerőn, és visszaépülés itt sem tapasztalható). A „C szint” részecske hálózata kevésbé tolerálta a nyírófeszültséget. A szétesés lassabb, de kisebb erőnél lép fel. Az aggregátumok a nagy CaCO₃ tartalom ellenére, ebben az esetben sem épülnek vissza, mint ahogy azt a kalcium jelenlétében vártuk volna.

A reológiai vizsgálatok eredményei közvetlen, számszerű információt nyújtanak a részecskék között fennálló erőkről a különböző szerves anyag és agyagtartalmú talajok esetében.

3. A **Röntgen-diffrakciós vizsgálatokkal** a különböző genetikai szintek (feltalaj és a mélyebben lévő szint, általában a B szint) ásványtani összetételét vizsgáltam. Azt találtam, hogy a löszön kialakult Karád (agyagbemosódásos barna erdőtalaj) és az Oltárc (agyagbemosódásos barna erdőtalaj) talajok, valamint a Mátrafüredi (agyagbemosódásos barna erdőtalaj) talaj, illetve a homokos löszön kialakult Gödöllő (barnaföld) talajok ásványtani szempontból nagy hasonlóságot mutattak. Ezen talajoknál a csillám tartalom növekedett a mélységgel, vagyis a környezeti hatások (biológiai aktivitás, csapadék,

hőmérséklet ingadozás, stb.) és mállási folyamatok intenzíven hatottak a feltalajra, ahol a csillám jelentős része másodlagos agyagásvánnyá (vermikulit, szmektit, kaolinit) alakult. A talajok szmektit tartalma szintén növekedett a mélységgel, melyet a finomagyag frakcióban a Mg + glicerinnel kezelt mintákon láttunk. Az agyagbemosódás folyamán ugyanis a szmektit frakció nagy része lemosódik növelve ezzel a felhalmozódási B-szintben ezen agyagásvány arányát.

A metamorf palán kialakult Velem talaj (savanyú, nem podzolos barna erdőtalaj) ásványtani összetételének vizsgálatakor clintonit ásvány jelenlétét detektáltuk elsősorban a durva agyag és a finom por frakcióban. A talaj csillámtartalma viszonylag magas volt, ami feltételezhetően elsősorban a talajképző kőzetből származik.

A Röntgendiffrakciós vizsgálatot nem végeztük el a Zalavári rétláp talajon, ugyanis ennek jelentős részét (40-70%) szerves anyag teszi ki.

Az eróziós grádiens mentén végzett vizsgálatok eredményei

Az OTKA Posztdoktori témám kapcsolódott egy kutatási projekthez, amely során a már korábban említésre került Józsefmajor Tangazdaságban végeztük el vizsgálatainkat egy eróziós grádiens (katéna) mentén mezősi talajokon. Négy szelvényt tártunk fel, s végeztük el a részletes kémiai, fizikai és biokémiai vizsgálatokat, melyek alapján a következő degradációs szinteket különítettünk el: a katéna legfelső részén a nem erodált (referencia); a középső szakaszokon a gyengén és a nagyon erodált, majd a lejtő alján a szedimentációs területet. Ezen négy szelvény mentén 11 mintavételi pontot jelöltünk ki, hogy tanulmányozhassuk, hogy az ugróvillások (Collembola), valamint a földigiliszták (Lumbricidae) egyedszáma és fajösszetétele hogyan változik az abiotikus környezet térbeli változásával összefüggésben.

A humuszos szint mélysége (HV), a szervesanyag tartalom (Sza.) és a kationcsere kapacitás (CEC) - melyek fontos kifejezői a talaj termékenységének - a legmagasabb értékeket a nem erodált, illetve a szediment területen, míg a nagyon erodált területen a legkisebb értéket adták (**1. táblázat**). A talaj CaCO_3 tartalma az erősen erodált területen (12%) volt a legnagyobb, ahol az erózió révén felszín közelébe került a mészben gazdag talajképző kőzet. A talajok degradációs fokának változása az ugróvillások és a földigiliszták egyedszámának és fajszámának segítségével nyomon követhető volt. A legnagyobb mértékben erodált területen az ugróvillások és a földigiliszták egyedszáma és fajszáma lecsökkent, azonban a különböző fajok populációi különbözőképpen változtak. A biotikus és az abiotikus környezet paraméterei, valamint az ugróvillások és a földigiliszták egyedszáma és fajszáma között magas korrelációt találtunk.

1. táblázat. Kémiai és fizikai laboratóriumi adatok a négy vizsgált szelvény legfelső genetikai szintjére vonatkozóan

Szelvény	HV	Sza.	CaCO_3	CEC	pH	Szövet	BD
Felső szint	cm	%	%	cmol/kg	H_2O	FAO	g/cm^3
Nem erodált	90	2,2	0	30	6,1	AV	1,4
Kissé erodált	40	1,5	0	28	6,1	AV	1,5
Erősen erodált	10	0,5	12	24	8,1	AV	1,3
Szediment	80	2,5	2	40	7,6	AV	1,2

HV – humusz vastagsága (cm); *Sza.* – szerves anyag (%); *CaCO₃* – *CaCO₃* tartalom (%); *CEC* – kationcsere-kapacitás (cmol/kg); *pH(H₂O)*; *Szövet* - AV – agyagos vályog; *BD* – térfogattömeg (g/cm^3).

Vizsgálataink eredményeként megállapíthatjuk, hogy a degradációs hatást, melynek mérhető fizikai és kémiai paraméterei voltak, mérhető biológiai válaszok követték. A talaj minőségének romlásával arányosan az ugróvillások és a földigiliszták közösségei is megváltoztak (egyedszám, fajszám csökkenés), mivel az abiotikus környezet meghatározza a létfeltételeiket is. Az ugróvillások, valamint a földigiliszták érzékenyen reagáltak a környezeti hatásokra, mely megmutatkozik a korrelációk szorosságában. Így biológiai módon talajdegradációs határértékek állapíthatók meg, és kifejezhető a fellépő hatás veszélyessége a talaj minőségi állapota szempontjából.

Következtetések

A vizsgálataink eredményei alapján megállapíthatjuk, hogy a viszonylag gyorsan és rutinszerűen elvégezhető kémiai alapparaméterek, mint a pH(H₂O), pH(KCl), a hidrolitos (y₁) és kicserélődési savanyúság (y₂), a kationcsere-kapacitás, a CaCO₃ tartalom, a szervesanyag-tartalom pontos tájékoztatást adnak a talajok állapotáról, a savanyodás mértékéről. Ezek azonban talajaink pillanatnyi állapotát tárják elénk. Önmagukban még nem nyújtanak elegendő információt a talajdegradáció mértékéről, ill. annak előrehaladottságáról. Ráadásul egyes paraméterek, mint például a talajok pH értéke, y₁, y₂, CaCO₃ tartalma jelentős szezonidinamikát mutatnak, vagyis csak az azonos évszakban, lehetőleg azonos hónapban megszedett talajminták pH, y₁, y₂ és CaCO₃ értékeit tudjuk megbízhatóan összehasonlítani és tendenciát megállapítani a változásról az évek során.

Ezen a kémiai paraméterek biológiai paraméterekkel együtt vizsgálva már jobban értelmezhető eredményeket adnak. Kutatásunk során megállapítottuk, hogy az ugróvillások és a földigiliszták egyed- és fajszáma követte a kémiai és fizikai paraméterekben bekövetkező változásokat. Vagyis, ahol csökkenést, illetve leromlást tapasztaltunk a kémiai, illetve fizikai tulajdonságokban, ott az egyed- és fajszámok követték a tendenciát. A legnagyobb mértékben erodált területen az ugróvillások, valamint a földigiliszták érzékenyen reagáltak a környezeti hatásokra, egyedszámuk és fajszámuk lecsökkent, azonban a különböző fajok populációi különbözőképpen változtak. A biotikus és az abiotikus környezet paraméterei, valamint az ugróvillások és a földigiliszták egyedszáma és fajszáma között magas korrelációt találtunk.

A vizsgált kémiai, fizikai, és biológiai paramétereket kiegészítve a kutatásunkban elvégzett nem rutin jellegű laboratóriumi vizsgálatokkal még nagyobb betekintést enged a talajsavanyodás által okozott degradációs folyamatokba. Ezek a vizsgálatok, mint pl. a talajok sav/bázis puffertitrálása, számszerűen megmutatták a különböző talajszintek érzékenységet a beérkező környezeti hatásokra. A reológia módszere is pontosan és számszerűen fejezte ki a vizsgált talajok szerves és ásványi összetevőinek hatását a szerkezetre. A talajok ásványtani összetételének elemzése Röntgen-diffrakciós vizsgálattal rendkívül bonyolult, hosszadalmas és költséges, ennek ellenére nagyon jó módszerként szolgált a különböző ásványi alkotók mennyiségi elkülönítésére a különböző frakciókban.

Az OTKA Posztdoktori kutatási időszak alatt lehetőségem volt az ENVASSO (Environmental Assessment of Soil Monitoring - FP6 /Contract No. 022713/) Projektben részt vállalni a „Talaj Biodiverzitásának csökkenése” témakörben. Ennek keretében azt vizsgáltuk, hogy Európában hogyan zajlik a különböző indikátorok fejlesztése, kidolgozása és tesztelése. A magyarországi teszt területen mi végeztük el a kísérleteket ezekkel a biológiai indikátorokkal a jelentéshez. Ennek során vizsgáltuk a talajok (1) mikrobiológiai respirációját, az (2) ugróvillások, valamint a (3) földigiliszták faj- és egyedszámának változását a talaj degradációjának függvényében. Ezek a biológiai indikátorok jól mutatták a talajban lezajló degradációs folyamatok fokozatait. Mindezen munkában való részvétel lehetőséget adott ahhoz, hogy a módszertant és a hazai útmutatót el tudjuk készíteni az ENVASSO tapasztalatainak mintájára.

Összegzésként megállapíthatjuk, hogy a vizsgált fizikai és kémiai talajparaméterek jól jellemezték a talajaink jelenlegi savanyodási állapotát. Ezeket a vizsgálatokat kiegészítve sav/bázis puffertitrálással, számszerűen megkaphatjuk a savanyodás mértékét, illetve a különböző talajszintek érzékenységet a beérkező környezeti hatásokra. Ha ezeket a kapott adatokat a biológiai indikátorok vizsgálatával kiegészítjük, akkor kapunk igazán komplex képet a talajsavanyodás által okozott egyéb leromlás előrehaladottságáról. Az ugróvillások, a földigiliszták nagyon jó biológiai indikátornak bizonyultak vizsgálataink alapján. Egyed- és fajszámuk változása jól jelezte a degradáció fokozatait. Ezen biológiai indikátorokkal végzett vizsgálatok viszonylag gyorsan, könnyen és olcsón elvégezhetők. Így jól ismételtően felvilágosítást nyújtanak a talajban bekövetkező morfológiai, szerkezeti, stb. változásokról, amelyek segítségével időben megkezdhetjük a talajjavítási munkálatokat.

Ezúton szeretnék köszönetet mondani az OTKA által nyújtott 3 éves posztdoktori ösztöndíjért, mely lehetővé tette a fent bemutatott kísérletek elvégzését.