

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

SEBŐK ANDRÁS

Gödöllő

2023



MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM
KÖRNYEZETTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA

**Vízborítottság hatása az egyes
talajtulajdonságokra**

DOI: 10.54598/003380

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

SEBŐK ANDRÁS

Gödöllő

2023

A doktori iskola

megnevezése: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem,
Környezettudományi Doktori Iskola

tudományága: Környezettudomány

vezetője: Csákiné Dr. Michéli Erika
Egyetemi tanár, PhD, DSc, MTA levelező tagja
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem,
Szent István Campus,
Környezettudományi Intézet

Témavezető: Dr. Czinkota Imre
Egyetemi docens, PhD
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem,
Szent István Campus,
Környezettudományi Intézet

Az iskolavezető jóváhagyása

A témavezető jóváhagyása

A munka előzményei, célkitűzések

Jelen dolgozat célja, hogy feltérképezze a tartósabb vízborítás milyen hatással van a talajok állapotára. A dolgozatban a magyarországi jellemző talajtípusokat veszem szemügyre, hogy egy átfogó képet kapjak a vízborítás hatásairól a talajok fizikai és kémiai paramétereire.

A dolgozatom során a következő célkitűzésekre adott válaszokat keresem:

- A különböző talajok esetében a vízborítás milyen fizikai változásokat okoz a vizsgált talajok szerkezetében és a mérhető paraméterekben.

Ehhez szükséges megvizsgálni a szemcseméretben és az aggregátum-stabilitásban bekövetkező esetleges változásokat. Ezek hatással vannak a kialakuló pórusokra, a talaj ellenállóképességére, és a nagyobb aggregátumok alakjára is. A vizsgálatok során tapasztalható mérettartomány-eltolódás alátámaszthatja az aggregátumok aprózódását vagy felépülését.

- A talajokon a kémiai változások nyomon követése, különösképpen az oldhatóság megváltozására a hosszan tartó vízborítás hatására bekövetkező változások következtében.

Itt elsősorban a talajok szemcséinek, alkotórészeinek felületén végbemenő dinamikus változások nyomon követése a cél. A megváltozott fizikai paraméterek megváltozott szorpciós tulajdonságokkal járhatnak együtt, míg az anyagszerkezetben végbemenő változások az anyagok oldódására, vagy fixálódására hathatnak. A kioldási vizsgálatok során tapasztalt koncentráció-változások segítenek megérteni, hogy az oldódás, vagy az anyagok beépülése irányába hatnak a folyamatok.

- A vizsgált talajtípusok szervesanyag minőségének megváltozása, és ezek lehetséges következményei a talajokra.

A vizsgált talajok esetében a kémiai paramétereken túl a szervesanyag érdemel kitüntetett figyelmet. A minősége és mennyisége választ adhat egyes kémiai vagy fizikai átalakulás okára. Szintén fontos szorpciós közeg a szervesanyag, mely mind környezetvédelmi, mind mezőgazdasági szempontból kiemelt jelentőségű,

így ezt a frakciót is alaposabb vizsgálatnak kívánom alávetni. Mind mennyiségi, mind minőségi vizsgálatokat célszerű elvégezni, melyek segítségével megállapítható, a talajok kezdeti szervesanyag-tartalma miképpen változik a hosszabb ideig tartó vízborítások hatására.

Anyag és módszer

A vizsgálathoz kiválasztott talajmintáknál fontos szempont volt azoknak a használata, mely a magyarországi viszonyok közt létrejött, jellemző talajtípusokat hivatottak reprezentálni. Ehhez a TAMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0003 kutatás során meghatározott kritériumok szerinti talajminták tűntek a legalkalmasabb választásnak. Ennek oka, hogy ez a kutatás a magyarországi körülmények közötti talajokból egy referencia adatbázist alakít ki, a lehető legsokoldalúbb talajtani tulajdonságok lefedésével. Így az itt használt talajok alkalmasak a magyarországi viszonyok széles körű, jellemző típusok kiválasztására. A 1. táblázat tartalmazza az alkalmazott talajok főbb besorolását:

1. táblázat: A kutatás során felhasznált talajok talajtani besorolásai, rövidítései

Minta neve	WRB besorolása	Hazai talajosztályozás szerinti besorolása
Karcag -KR	Vertic Stagnic Solonetz (Clavic)	Réti szolonyec
Kápolnásnyék - KP	Vermic Calcic Chernozem (Anthric, Siltic)	Mészlepedékes csernozjom
Keszthely – KA	Hortic Terric Cambisol (Dystric Siltic)	Barna föld (vagy Ramann-féle barna erdőtalaj)
Keszthely - KB	Hortic Terric Cambisol (Dystric Siltic)	Barna föld (vagy Ramann-féle barna erdőtalaj)
Kisújszállás - KI	Gleyic Vertisol (Clavic)	Réti talaj (vagy Típusos réti talaj)
Magyarszombatfa - MA	Vertic Gleyic Luvisol (Magniferric, Siltic)	Pseudoglejes barna erdőtalaj (vagy Pangó vizes barna erdőtalaj)
Paks - PA	Calcisol	Löss
Salföld – SA	Arenosol	Pannon homok
Várvölgy – VA	Cutanic Luvisol (Siltic)	Agyagbemosódásos barna erdőtalaj
Várvölgy - VB	Cutanic Luvisol (Siltic)	Agyagbemosódásos barna erdőtalaj

Kémiai kivonások módszerei

A kutatás a vízborítás hatását vizsgálta, illetve az így létrejövő változásokat a talajokban. Köszönhetően az igen változó környezeti körülményeknek, az in situ vizsgálatok nehézkesek, összehasonlíthatóságuk

kérdéses. Ennek a problémakörnek a megoldására laboratóriumi körülmények kialakítása mellett döntöttem. Minden talajmintát ledaráltam, majd leőröltem 1 mm szemcseméret alá. A kiválasztott talajokból ugyanakkora mennyiséget (50 g) centrifugacsövekbe mértem, majd minden talaj kötöttségi értékének (Arany-féle kötöttségi érték) 60%-át desztillált vízből ráöntöttem, és homogenizáltam. Az így előkészített centrifugacsöveket lezártam, majd temperált (20 C°), fénymentes helységben tároltam. A centrifugacsövek 30, 60 és 90 nap után (1., 2. és 3. hónap mintái) felbontásra kerültek, a tartalmukat szárítószekrényben 60 fokon légszáraz állapotra szárítottam, hogy a víz kivonásával leállítsam a kémiai reakciókat.

A későbbi eredmények függvényében két talaj esetében ugyanezt az eljárást megismételtem, de ez esetben 3 naponta voltak felbontva a centrifugacsövek majd tartósítva szárítással, 30 napos perióduson át.

Az így előkészített, érlelt mintákból két féle kivonatot készítettem. Ez megfelel a magyar szabvány (MSZ 21470-50 (1998)) szerinti eljárásnak, ami célját tekintve nagyon hasonló a nemzetközileg alkalmazott BCR (Community Bureau of Reference) kivonáshoz.

Az MSZ 21470-50 (1998) szabvány eljárását követtem, két módosítással: A második lépésben alkalmazásra javasolt 0,5 M-os ammónium-acetát helyett 0,01 M-os CaCl_2 oldat került alkalmazásra. Ennek oka, hogy több ország ajánlása szerint (Hollandia, Franciaország), illetve több szerző szerint is ez a fajta kivonási módszer alkalmasabb a szerves anyagokhoz kötődő specieszek feltárására, valamint nem igényel pH pufferelt közeget. A másik előnye, hogy a szerves anyagokra érzékenyebb műszerekkel is lehetővé teszi a mérést (ez esetben az MP-AES készülék). Az alkalmazandó koncentrációk változhatnak a különböző szerzők esetén, így a debreceni egyetem kutatói által publikált 0,01 M-os CaCl_2 oldatot vettem iránymutatásnak, melyet különböző szerzők munkái is alátámasztanak a mobilizálható elemtartalom általános vizsgálatára.

A másik változtatás az alkalmazott salétromsav mennyisége. A 0,43 M HNO_3 (Westerhoff) rázatásos technika nemzetközi publikációk alapján legalább annyira hatékony, mint a magyar szabvány által előírt roncsolásos kivonás.

Ebből az eljárásból a vízzel mobilizálódó, könnyen és a nehezen oldható frakciót nem vizsgáltam (feltételezve, hogy a vízzel oldható frakció már távozott a talajokból a rendszeres csapadék hatására). A könnyen oldható frakció 0,01 M CaCl_2 oldat alkalmazásával, míg a nehezen mobilizálható frakció 0,43M HNO_3 oldat alkalmazásával került kivonásra: 2 gramm talajra 20 ml kivonószert öntöttem (1:10 arány), melyet rázatógépben 2 órán át rázattam (60 fordulat/perc). A kapott szuszpenziót centrifugában leüleptítettem (10 perc, 5000 rpm), majd a felúszó frakciót 0,45 μm szűrőpapíron átszűrtem. Az így kapott tisztított folyadékot Agilent MP-AES készüléken mértem az elemtartalmak meghatározásához.

A pH értéket a Buzás István (1988) által leírt módszer szerint, 1:2,5 arányú talajszuszpenzióból mértem. A pH értékeket KCl oldatból (1 M) és desztillált vízből készült szuszpenzióban is mértem. Ehhez 24 órát állni hagytam, majd utána a felrázott szuszpenziót egy Laboratory Digital pH-méter OP-211/2 Radelkis pH mérőn mértem le (elektród: OP 0808 P üvegelektrod, minden 20. minta után ellenőrizve a kalibrációt). A vezetőképességet a desztillált vizes kivonatokból mértem, Jenway 4510 Conductivity Meter műszerrel.

Fizikai paraméterek vizsgálatai

A szóban forgó talajmintákon az alaptulajdonságokat az alábbi módszerekkel mértem:

A szemcseméret-eloszlás kétféle módszerrel történt. A fizikai féleségek szerinti szemcseméret-eloszlás (három frakció, homok, por, agyag) az MSZ-08.0205-78 szabvány szerinti pipettás módszerrel készült. Az MSZ módszer a 0,25 mm feletti durva homok frakciót szitálással választja le. A másik két frakció a részecskék ülepedési sebessége, illetve a pipettázási idők és mélységek meghatározása az MSZ szabvány szerint a talaj/üledékminták mérőlombikos eljárással meghatározott sűrűségek alapján történt. Az MSZ módszeres mechanikai összetétel vizsgálatok szobahőmérsékleten lettek elvégezve (23°C).

Az eredmények fejezetben ábrázolt szemcseméret-eloszlás függvények adatainak mérése (mechanikai összetétel adatok) egy Malvern Mastersizer 3000 készülékkel történt. A talajmintából egy kevés (1-5 gramm, műszerbeállítástól függően, megfelelő obscuration érték elérése miatt) légszáraz állapotban

elkeverve diszpergálószerrel (Na-hexametafoszfát [33g] és Na-karbonát [7g] keveréke, 1 liter desztillált vízben feloldva, Calgon oldat) kerül a mintaelőkészítő egységbe (Hydro V), ahol összesen 25 cm³ Calgon oldat kerül az ioncserélt vízbe. Ezután 240 másodperces ultrahangos kezelés történik, és a műszert ezek után be kell állítani, hogy a mérési tartományba (5-20%) essen az obscuration (fénygyengítési mutató) értéke. Ezek után a műszer mintát vesz, és öt ismétlésben megméri a fényszóródást (lézerdiszfrakció), mely segítségével kiszámolja a minta szemcseméret-eloszlását (tartományonként, százalékos értékben). A Mastersizer szemcseméret analízátor mérési tartománya 0,02-2000 µm között van.

Az aggregátum-stabilitás ugyanezen Malvern eszközön került megmérésre, nagyon hasonló módon. A mintaelőkészítő egységbe a szemcseméret vizsgálattal megegyező mennyiségű talaj lett helyezve. Ellentétben a szemcseméret-eloszlás mérésével, itt se kémiai, se ultrahangos diszpergálás nem történt, hiszen a minta természetes változásainak mérése volt a cél. A Malvern készülék ioncserélt vízzel elkeverte a mintát, percenként készített méréseket, az első perc végétől a tizedik perc végéig. Ezek a mérési eredmények kerültek feldolgozásra az aggregátum-stabilitási értékeknél.

A talajok jellemzéséhez az egyéb adatok az alábbi módszerekkel készültek: karbonáttartalmuk a Scheibler-készüléken való bemérési módszerrel, szervesanyag-tartalmuk a Tyurin-féle mérési módszerrel, míg az Arany-féle kötöttségi szám (K_A) érték szintén a talajvizsgálati módszerkönyv szerint.

Humuszminőség vizsgálata

A humuszminőség vizsgálatához a talajkivonatokat a módosított Stevenson (1982) módszer alapján (0,5 M NaOH and 0,1 M Na₄P₂O₇) készítettem. Minden talajmintához (5,0 g) 20 ml extrahálószerrel adtam, majd a mintákat négy órán keresztül rázattam, végül leszűrtem. Az elkészített kivonatokat szükség szerint az oldószerrel hígítottam (minden minta pH-ját megmértem, megbizonyosodva arról, hogy azok értéke 11 felett van, mert a mintákban 11-es pH alatt csapadék képződhet).

A teljes spektrumanalízist Horiba spektrofotométerrel végeztem 400–800 nm-es tartományban 1 nm-es felbontásban. A mérésből származó adatokra az

exponenciális görbéket a Microcal Origin 6.0 (Microcal Software Inc. 1991–1999) program segítségével illesztettem (EFA módszer). Az E4/6 értékek meghatározásához két kitüntetett hullámhosszon mért abszorbancia értéket használtam fel. A 465 nm-en mért értéket elosztottam a 665 nm-en mért abszorbancia értékkel, mely eredményül az E4/6 értéket adja.

Ha a mintában kevés a nagy molekulatömegű szénlánc, akkor a meghatározása potenciálisan hibával terhelt. Ez a hibaforrás az E4/E6 mérési módszerében rejlik, mivel a 665 nm-es hullámhosszon mért értékek rendszerint igen kicsik, alacsony szervesanyag-tartalmú talajok esetében közel van a fotométerek alsó mérési tartományához, emiatt a mérési hiba komolyan befolyásolja a mért értéket, százalékos mértékben kimutathatóan. Emiatt a vizsgálataim során a teljes spektrumot alapul véve a molekulaméret eloszlása alapján igyekeztem humuszminőséget számolni, párhuzamba állítva a hagyományos E4/E6 értékekkel. Az ilyen módon mért fényabszorbancia értékek egy exponenciális görbe által meghatározott spektrum-tartományt adnak. Az összehasonlíthatóság érdekében az így kapott exponenciális görbe értékeiből levezethető az eredeti E4/E6 módszer által adott érték. Így az eredeti E4/E6 érték (azaz humuszminőségi viszonzyszám) megadható az exponenciális görbe t értékéből. A méréseim során az eredeti és a származtatott értékeket is feltüntettem, az összehasonlíthatóság érdekében.

Ülepedési vizsgálatok

Az kolloid rendszerek stabilitását anionok, kationok is meghatározhatják, melyek elősegíthetik vagy gátolhatják az aggregátumok kialakulását vagy szétesését. Ennek meghatározására egy kísérletsorozatot terveztem (egy norvég kutatás részekét), melyben különböző kation-anion párokkal teszteltük az aggregálódási (és ülepedési) hatékonyságot. A kísérlet során meghatározott mennyiségű talajt (2 gramm) kevertem el egy liter desztillált vízben. Az alkalmazott talaj egy norvég talajminta (Skuterud kísérleti terület, Ås városa mellett, délkelet Norvégia (DMS, szélesség N 59° 40' 12.652", hosszúság E 10° 50' 15.904", magasság 119 m MASL), melyet a SoilSpace Project (NFR Project #240663, Norway) keretében gyűjtöttek be. A vizsgálatok alapján a Kisújszállás-A talajához nagyon hasonló (WRB besorolása: Gleyic Stagnosol), szervesanyagtartalma 0,17%.

Minden kísérlet esetén 5 db üveghengerben a kiválasztott ionnal elkevert desztillált víz került, ebbe a keverékbe lett beleöntve a kimért talajminta. A kísérletben 0, 10, 20, 40, 80 mg/l-es kationkoncentrációt állítottam be. Az elkeverést követően fénykép készült az öt oszlopról, melyek hátulról voltak megvilágítva, majd három órás ülepitési időszak alatt minden 10. percben egy fénykép (Fujifilm FinePix S8600 kamera manuális módban, 4608 x 2592 pixel beállítással (16:9, L, fine quality), zársebessége 60, és a rekeszértéke F2.9). Ennek jelentősége, hogy az alapötlet szerint az üveghengerben észlelhető színváltozás jelzi az ülepités hatékonyságát (a zavarosság mérésével párhuzamos módon. Az aggregátum-stabilitást befolyásoló koagulációs képességre a szemcseméretből lehet következtetni, mely meghatározza az ülepedés sebességét és a Stokes-törvény alapján számolható (a nagyobb szemcsék gyorsabban ülepednek, így hamarabb világosodik a talajszuszpenzió). Tehát a hatékonyabb koaguláció gyorsabb ülepedést, világosabb üveghengert jelent.

Az elkészült fényképek elemzése automatikusan, egy e célra írt programmal történt. A program az üvegoszlop függőleges, középső harmadán végez elemzést (35 pixel szélességben), ahol soronként átlagolja az RGB színmélység értéket. Ezeket az értékeket oszloponként átlagolva (400 sornyi érték, melyekből az üveghenger rovátkáit ki kell hagyni) egy jellemző színmélységet ad. Minden oszlopról, minden fényképről lesz egy ilyen átlagolt adat (0-180 perc tíz percenként, így 19 fénykép, 19 adat/oszlop). Az így kialakuló pontsorozatra exponenciális függvényt illesztettem, melyek t paramétere ($\ln 2$ -vel való szorzás esetén) megadja az adott oszlopra illesztett függvény felezési idejét, azaz mennyi idő alatt esik felére a pixelek sötétsége (világosodás, azaz áttetszőség mértéke). Ezeket az értékeket tüntettem fel az eredmények fejezetben.

A pH értékeket a 0. és 180. percben mértem minden oszlopban, egy hordozható Meinsberg TM40 pH mérő berendezéssel.

Eredmények és azok megbeszélése

Az eredmények fejezetben a vizsgált talajtípusokat külön-külön elemzem. Ez segít abban, hogy az egyes talajoknál tapasztalható eltérő viselkedést kontextusában vizsgálhassam, a magyarázatokat a vizsgálati eredmények is megerősítsék. Ugyanakkor az új tudományos eredmények bemutatásához szükséges egy rövid összefoglaló az egyes vizsgálati típusokról, melyet a fejezet végén tárgyalok.

A vizsgált területek általános tulajdonságai

Az általános talajtani tulajdonságok (2. táblázat) alapján elmondható, hogy a vizsgált talajtípusok különböző paraméterei egymástól jól elkülönítik a mintákat – példaként említve Kápolnásnyék kiemelkedő (közel 10%-os) karbonáttartalmát, vagy a Karcag, Kisújszállás minták magas agyagtartalmát, vagy Magyarszombatfa savas (pH 5,7) talajtani közegét. A könnyebb követhetőség kedvéért a minták leírásánál röviden összefoglalom ezeket a jellemzőket.

2. táblázat: A vizsgált talajok talajtani tulajdonságai (a minták rövidítése megfelel az anyag és módszer fejezetben felsoroltak szerinti rövidítéseknek).

Minta neve	Genetik-us szint jele, mélysége (cm)	Agyag + Vashidrá-tok (<0.002 mm) (%)	Por (0.002-0.05 mm) (%)	Homok (0.05-2 mm) (%)	Hum-usz (%)	Ca-CO ₃ (%)	Arany-féle kötöttség	pH (H ₂ O)
KR	B 5 - 30	51.09	45.90	0.88	2.00	0.13	90	6.9
KP	A 0 - 30	27.60	51.68	7.50	3.70	9.52	46	7.8
KA	A 0 - 30	21.09	33.13	44.28	1.45	0.05	30	7.0
KB	B 30 - 50	22.90	33.87	42.29	0.93	0.00	36	6.8
KI	A 0 - 30	53.88	41.19	1.05	3.89	0.00	74	7.5
MA	B 20 - 50	38.96	25.93	34.61	0.49	0.00	59	5.7
PA	*	16.89	24.25	58.85	0.63	28.04	38	8.2

SA	*	1.31	0.05	98.64	0.00	0.02	29	7.4
VA	A 0 – 20	15.27	29.35	54.05	1.33	0.00	29	6.6
VB	B 20 - 50	22.30	26.56	50.49	0.65	0.00	38	6.6

*Paks, Sal*Paks, Salföld: karbonátos, illetve homok referenciaanyagként kerülnek felhasználásra

Koagulációs vizsgálatok

Az eddigiekben megállapított talajszerkezetben bekövetkezett változások eredményeképpen a talajok erózióra való hajlama növekszik. Mivel az elmúlt évtizedekben bekövetkezett klimatikus változások hatására az átlagos csapadék intenzitás növekszik, emiatt a víz okozta erózió fokozottan van jelen. Emiatt a talajaink megőrzése érdekében ülepítő berendezések létesítése, alkalmazása válik szükségessé.

A koaguláció vizsgálata Erasmus program keretében, a norvégiai As városában található NIBIO kutatóközpontjában történt. Ennek oka, hogy Norvégiában az elmúlt években egyre nagyobb hangsúlyt kapott az erózió okozta károk enyhítése, és az erózió okozta talajveszteség mérséklése, a talaj visszatartása és újrafelhasználása. Az e célra épített ülepítőtavak hatékonysága a nagy mennyiségű csapadék esetén nem kielégítő, ennek növelésére pályázatot írtak ki. Az általam mért összefüggéseket felhasználva a szemcsék koagulálását javasoltam (mely felgyorsítja az ülepedés sebességét), így szükségessé vált a különböző anionok és kationok hatásának pontos meghatározása talajok esetén. Az irodalmi áttekintés, illetve anyag és módszer részekben leírtam az elméleti és gyakorlati hátterét a kutatásnak, így most az eredményekre koncentrálok.

Az eljárás során az ülepített talajról tíz percenként fénykép készült, majd a már ismertetett háttérkorrekcióval letisztított adatpontok ábrázolásra és összehasonlításra kerültek. Egy ilyen függvénysereg esetében jól megfigyelhető, hogy mind az t koncentráció esetében egy határozott, exponenciális függvényt követ az ülepedés (világosodás). Példaképpen, 3 óra után a kontroll (hozzáadott vegyszer nélküli) oldat 40% körüli ülepedést ért el, ehhez képest a minimális (10 mg/l Mg) vegyszeradagolás is 55%-os eredményre javította az ülepedési hatékonyságot, a nagyobb koncentrációk pedig közel 90%-ra. Természetesen ez önmagában nem ad elegendő információt – a végpont nem árul el információt a

dinamikáról. Így az illesztett függvények paramétereit megvizsgálva meghatározható a felezési idő az alábbi függvény szerint:

$$y=y_0+A1e^{(-x/t_1)}$$

ahol y a mért érték, y_0 az x tengelyhez való elmozdulás mértéke (az anyag és módszer fejezetben leírtak szerint ez az érték 0-ra korrigálva), $A1$ az amplitudó, t_1 az időkonstans. A felezési idő $(t_{1/2})= t_1 \cdot \ln 2$

A felezési időket elemezve jól látható, ahogy közel duplájára nő az a sebesség, mellyel kiülepszik a talaj a szuszpenzióból a megnövelt vegyszerkoncentráció hatására. Az alkalmazott koncentrációk hatása a felezési időre egy exponenciális görbe mentén helyezkedik el, mely alátámasztja, hogy az alkalmazott ionok mennyisége befolyásolja az ülepedés sebességét.

Ennek nyomán elkészült az összes kation és anion párosra a mérés. A kalcium és magnézium kiemelt szerepet kapott, mivel kétértékű kationként hatékonyabb a koagulációs hatásuk, mint bármely egyértékű anioné (például nátrium, kálium), és nem jelentenek olyan környezeti terheket, mint a vas vagy alumínium, ha oldott állapotban a vízbe kerülnek.

Az eredményeket megnézve kijelenthető, hogy a kísérleti elrendezés alkalmas a kísérletek megismétlésére, a kapott eredmények alacsony szórásértékekkel rendelkeznek. A 20 mg/l koncentráció kivételével a kapott eredmények közel vannak egymáshoz, az anionok nem okoznak jelentős eltérést. Viszont a 20 mg/l-es koncentrációnál a szulfát ionok csökkentik a koaguláció hatékonyságát.

A kapott eredmények alapján az egyértékű kationok (nátrium) még a relatíve nagy koncentráció (80 mg/l) esetén sincs jelentős hatással az ülepedő szemcsékre, sőt, hidroxid anion párral kifejezetten gátló hatással rendelkezik. A kalcium, magnézium ionok esetében a már említett tendencia figyelhető meg – magasabb koncentrációban hatékonyabb az ülepités, míg a 20 mg/l-es koncentrációk esetében eltérő az eredményességük, anion-pártól függően. A vas, alumínium pedig alacsony, 10 mg/l-es koncentrációnál is nagy hatással van, nem véletlen, hogy az ipari megoldások esetén ilyen típusú koaguláló szereket

alkalmaznak. A 40 mg/l és 80 mg/l koncentrációk minden esetben hatékonyabbak voltak a kisebb koncentrációknál.

Végezetül megmértem a pH értékeket a kísérlet elején (0. perc), illetve végén (180. perc). Érdekes kiemelni, hogy a vas és alumínium esetében kifejezetten savas (5 illetve 4) pH értéken mozognak kezdetben, és a kísérlet során nem változik a pH jelentősen. A nátrium és kalcium esetében a hidroxid ionok okozta erős lúgos környezet (11-es pH érték körül) magyarázatot adhat arra, miért volt olyan rossz az ülepedés a nátrium esetében. A kalcium, magnézium kationok esetében az aniontól függően enyhén savas vagy lúgos környezetet okoznak kezdetben, melyek minden esetben a semleges, 7-es pH érték körülire áll be a 3 órás kísérlet során. Ennek oka a talajszemcsék felületén való megtapadás lehet.

Következtetések és javaslatok

A vizsgált adatok alapján öt nagyobb csoportra különítem el az eredményeket. Míg az előző fejezetben célszerű volt a szemcseméret bemutatásával kezdeni, ennél a fejezetnél az egymásra épülése miatt megfordítom a sorrendet. Ennek megfelelően a koagulációs vizsgálatok eredményeivel kezdeném.

Koagulációs vizsgálatok

A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a Shulze-Hardy törvény maradéktalanul érvényesül a talajtani közegben is, azaz a kationok töltésével arányosan növekszik az ülepedésre gyakorolt hatása. Ez praktikus azt jelenti, hogy a három töltéssel rendelkező ionok jelentősen segítik az aggregálódást. Ehhez mérten a kéttöltésű ionok is rendelkeznek ilyen tulajdonságokkal, csak az egyszerűen pozitívan töltött kationok esetében (pl nátrium, kálium) nem mutatható ki nagyságrendi eltérés a kontrollként alkalmazott, kezeletlen talajokhoz képest.

Az anionok, jelen esetben a szulfátionok és a kloridionok esetében, mint gyakori, a természetben is előforduló anion-párok, nem volt statisztikailag jelentős eltérés, habár a kloridionok igazolhatóan hatékonyabbak bizonyultak. Ezzel szemben a hidroxidionok már egyértelműen negatívan befolyásolták az aggregálódási hajlandóságot.

Tehát abban az esetben, ha magas a környezet kalcium vagy magnéziumtartalma, várható, hogy az aggregálódási hajlam erős lesz, nehezen esnek szét a talajt alkotó elemek, melynek oka egyértelműen a kémiai tartalomra vezethető vissza. Különösen erős ez a hatás a kolloid tartomány esetében, mint azt a kápolnásnyéki minta is megmutatta. Ugyanez nem mondható el a nátrium esetében, mely egyértékű kation, és a méréseim alapján nem gyakorol számottevő pozitív hatást a szemcsék aggregálódására.

Kioldási vizsgálatok

A kémiai vizsgálatok alapján általánosságban az fogalmazható meg, hogy a vas és mangán vegyületek oldhatóság a redukzív kezelések hatására nő, míg a

kalcium és magnézium oldhatósága csökken. Ez természetesen nem igaz a magyarszombatfai minta esetében, mely eleve redukív környezetben volt jelen, így a kezelések hatása rá elhanyagolható.

Érdekes összevetni a tapasztaltakat a szemcseméretekkel. Ahogy a szemcseméret eltolódik a nagyobb mérettartomány felé, úgy az oldható ionok mennyisége általában nő. Ez legfőképpen az aktív felület (adszorpciós felület) megváltozásával magyarázható: a szemcseméretben bekövetkező növekedés az egységnyi tömegre jutó aktív felület nagyságának csökkenésével jár, ami jelentősen befolyásolja a talajok elemtartalmának kémiai oldhatóságát. Azaz: a felületi adszorpciónál tapasztaltak szerint a kisebb aktív felület kevesebb megkötött anyagot tartalmaz.

Az enyhe oldószerek (CaCl_2 , desztillált víz) a természeti hatásoknak kitett minták esetében (hacsak nincs valamilyen extrém hatás) nem oldanak ki mérhető mennyiségű vizsgált anyagot a mintákból, így az ilyen vizsgálatok nem vezettek eredményre a változások követésénél.

Humuszanyag vizsgálatok

A vizsgált talajok humuszmennyiségében nem történt változás a kiindulási állapothoz képest, csak a keszthelyi mintánál figyelhető meg egy csökkenés. Azonban mindegyik talaj esetében a vízborítás szimulálása változást okozott a humuszanyagok minőségi eloszlásában, azaz a molekulaméretekben. Különösen látványos (és nyomon követhető) ez a trend, ha a teljes spektrumtartományt elemezzük, nem csak a két, eredeti E4/E6 módszer által meghatározott hullámhosszokon való vizsgálatot.

A humuszminőséget tekintve két trend tapasztalható: az A szinttel jelölt minták esetében a hosszútávú hatás (3. hónap végére), hogy a humuszminőség eltolódik a nagyobb molekulásúlyú, jobb minőségűnek tartott anyagok felé, míg a mélyebb rétegek esetében épp az ellenkezője, a kisebb mérettartományú szervesanyagok domináns szerepe a jellemző. Ez alól két talaj kivétel: Várvölgy B szintje esetében az A szintre jellemző javulást mutat, mely a talaj keveredése miatt lehetséges (szántott réteg), míg a kisújszállási minta esetében romlás következik be, holott A szint a minta. Ezen változások valószínű oka, hogy a talajok mikrobiális élete a kis molekulatömegű szénláncokat hasznosítja, de a

mélyebb rétegekben ez a hatás csökken. Ott a humuszanyagok természetes darabolódása, leromlása a döntő folyamat. A kivételt képező talajok esetében egyrészt a talajforgatás megváltoztatja ezt a folyamatot, másrészt a kisújszállási minta esetében a nagy mennyiségű humuszanyag természetes bomlása ellensúlyozza a talajlakó mikrobiális élet hatását a kisebb molekulákra.

Szemcseméret-eloszlás vizsgálatok

Az előző fejezetek alapján a szemcseméret-eloszlásokat tekintve három nagy trend állapítható meg. Az első, melyben nem történik jelentős változás a kezelések hatására. Ez vagy a szerkezetileg erős (ásványi szemcséket tartalmazó), ellenálló, nagy stabilitású mikroaggregátumokkal rendelkező talajokat jelenti (Paks, Salföld.), vagy a magyaralföldi mintát, mely eleve reduktív (vízzel hosszan borított) környezetből származik.

A másik trend, mikor a 100 mikronos mérettartomány elkezd kisebb méretűre szétesni a kezelések hatására. Ez jellemzően Karcag talaját érinti, melyben az iszap frakció esik szét a vízborítás hatására.

A harmadik csoportba pedig azok a talajok tartoznak (Keszthely, Kápolnásnyék, Kisújszállás, Várvolgy), ahol a 100 mikron körüli tartományban aggregálódás történik, míg a kisebb, illetve nagyobb tartományban mennyiségi csökkenés (a nagyobb szétesik, a kisebb tartomány pedig aggregálódik). Ennek okai a kioldási vizsgálatok, illetve a koagulációs vizsgálatok esetén részletezett kationok megjelenése, melyek aggregálódásra készítetik a kisebb méretű szemcséket.

Aggregátum-stabilitási vizsgálatok

Az aggregátum-stabilitási értékek esetén nem szabad figyelmen kívül hagyni azt a tényt, hogy a vizsgálatok minden esetben desztillált vizes környezetben történtek. Ez könnyen okozhatja azt a jelenséget, hogy a szemcsék és aggregátumok felületén kötésben tartott ionok egy része kiválik, és oldott állapotba kerül, egyensúlyi helyzetben. Így csökken a szemcséket összetartó erő, és széteshetnek egyes aggregátumok. Ennek tudható be, hogy mindegyik vizsgált talaj esetében az aggregátumok darabolódása irányába tartott a tíz perces mérési folyamat (kivéve Magyarszombatfa esetében, a talaj eleve egy reduktív

környezetből származik). A többi vizsgált talaj esetében szinte minden esetben csökkent a változás mértéke.

Akár a kis, akár a nagy szemcseméret tartományokat vizsgáltam, a több hónapos reduktív környezet okozta kémiai átalakulások okozta szemcseméret változás egy stabilizációs folyamatot jelent, melynek hatására a 100 mikron körüli tartományban egy fixáció történik, és nem hajlandó a szemcsék többsége változni mennyiségileg. A kismértékű változást a desztillált víz okozta állapotváltozás okozhatta. A kisebb, kolloid tartományban figyelhető meg egy jellemző mennyiségi növekedés, mely ugyanúgy magyarázható a kioldódó ionok okozta aggregátum-szétesésekkel. Az aggregátumokra a szervesanyag mennyisége is hatással van, elsősorban a magas szervesanyag-tartalmú, illetve nagyobb molekulatömegű szervesanyagok azok, melyek segítik az aggregátumok kialakulását és megmaradását.

Új tudományos eredmények

I., A hosszú távú vízborítás megváltoztatja a kémiai összetételt. A szemcseméret vizsgálataim eredményei alapján ennek egyik lehetséges oka, hogy az adott ionra vonatkozó aktív adszorpciós felület megváltozik a szemcsék mérettartományának változásával. Ez alól kivételt a vas és a mangán képviselnek, melyek a redukció hatására válnak oldhatóvá, illetve a kalcium és az alumínium, melyek aggregáló anyagként vesznek részt a folyamatokban. Ezek mennyisége eltérhet a szemcseméret változás generálta koncentrációváltozás hatásától.

II., A növekvő kation koncentráció hatása az ülepedés sebességére elsőrendű kinetikával jellemezhető, vagyis megállapítható, hogy az ülepedés sebességi állandójának megváltozása arányos a fémion koncentrációjával. Ez alapján kimondható, hogy a fémion koncentráció változása növekvő koncentráció értékeknél egyre kisebb mértékben változtatja meg az ülepedés sebességét.

III., A hosszútávú vízborítás hatással van a szervesanyag minőségére, ha mennyiségére nem is. A szervesanyagban gazdagabb, és a mélyebb rétegekben a humuszanyagok darabolódásával kisebb molekulatömegű anyagok jönnek létre, míg a felszínhez közel ezek a kis molekulatömegű szerves anyag koncentrációja csökken. Feltételezhetően a mikrobák ezeket könnyebben hasznosítják, ez okozza a csökkenést.

IV., A szemcseméretben, hacsak nem különösen ellenálló, ásványi szemcsékről van szó, minden esetben egy szétesési folyamat indul el a hosszú távú vízborítás hatására. A szemcsék a jelen lévő kationokkal aggregálódva a 100 mikron körüli mérettartományban stabilizálódnak.

V., Az aggregátum-stabilitásra a hosszú távú vízborítás stabilizáló hatással van, mivel a kialakult, 100 mikron körüli szemcsék a felszabaduló (koaguláló hatású) anyagoknak köszönhetően ellenállóbbakká válnak a széteséssel szemben.

PUBLIKÁCIÓK

1. Tudományos folyóiratokban megjelent (közlésre elfogadott), lektorált, teljes szövegű tudományos közlemény

1.1. Idegen nyelvű, impakt faktoros folyóiratban (WEB OF SCIENCE szerint):

Czinkota I, Filep T, Rétháti G, Tolner L, Gulyás M, Sebők A, (2021): Derivation and application of a generalised exchange-adsorption isotherm for the adsorption of hydrophobic compounds on soils. Soil and Water Research, 16 : 2 pp. 67-73. , 7 p. Scopus: Q3, DOI: 10.17221/69/2020-SWR, (IF: 0,53 in 2021) **(18 pont)**

Sebők A, Labancz V, Czinkota I, Nemes A (2020): The effect of various metal-salts on the sedimentation of soil in a water-based suspension. PLOS One, Vol. 15 (1), 15 pp. ISSN: 1932-6203, Scopus: D1, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227338> (IF 0,57 in 2020) **(18 pont)**

Kalmár, J., Füleky, Gy., Kuti, L. és Sebők, A (2017): Iron rich embeddings in east hungarian eolian sand accumulation, Tamáspuszta area: genetic and environmental considerations, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, Vol. 12/1, pp. 109-120. ISSN: 1842-4090 (IF 0,671 in 2017) **(18 pont)**

1.1.1. Hazai kiadású

- cikk

Sebők A, Razane A, Takács A (2022): Kalcium hatása a talaj üledékképződésére – mérési módszer. Journal of Central European Green Innovation, Vol. 10, Suppl. 1. pp 44-54. ISSN: 2064-3004 **(5 pont)**

Grósz J, Sebők A, Nagy N, Kovács A, Waltner I (2019): Analysis results of in situ water and sediment quality of Újpest backwater. Tájékológiai Lapok, Vol. 17 (2), pp 179-192. ISSN: 1589-4673 **(7 pont)**

Sebők, A., Czinkota, I., Nyiri, B., Bosnyákovics, G., Gulyás, M., Dálnoki, A. B. (2018): A talaj szervesanyag minőségének vizsgálata UV-VIS spektrumban – az Exponenciális Illesztés Módszere (EFA) – Növénytermelés, Vol. 67 (4), 1-14 ISSN: 0546-8191 **(5 pont)**

Czinkota, I., Szanyi, J., Kovács, B., Sebők, A., Hajdok, I. és Papp, M. (2015): The Effect of Thermal Water Aeration and Water-rock Interaction — Central European Geology, Vol. 58/4, pp. 306-320 ISSN: 1788-2281 **(7 pont)**

Fügedi, U., Kuti, L., Tolmács, D., Szentpétery, I., Kerék, B., Dobos, T., Sebők, A., Szeiler, R. (2014): Regional Patterns of the Accumulation of Toxic and Nutritious Elements in Hungary — Central European Geology, Vol. 57/3, pp. 231-251. ISSN: 1788-2281 **(7 pont)**

Zsámbok, I., Andó, A., Kuti, L., Sebők, A. (2014): Toxic elements in the groundwater of Budapest — Central European Geology, Vol. 57/3, pp. 297-305. ISSN: 1788-2281 **(7 pont)**

2. Szakmai folyóiratokban megjelent (közlésre elfogadott), teljes szövegű szakmai, népszerűsítő közlemény, tanulmány

3. Lektorált könyv/jegyzet (részlet) (nyomtatott formában v. elektronikus adathordozón), népszerűsítő könyv

4. Kongresszusi kiadványokban megjelent közlemények (nyomtatott formában v. elektronikus adathordozón – kizárólag az ISBN, ISSN vagy más, hitelesített kiadványaira vonatkozóan)

4.1. Teljes szövegű közlemény, alkalmi (nem periodika jellegű) kongresszusi kiadványban, idegen nyelven, lektorált formában megjelentetve:

Sebők, A., Czinkota, I., Fekete, Gy., Dálnoki, A. B. és Grósz, J. (2016): Humuszoldat adszorpciós és deszorpciós kinetikájának meghatározása homokos talajon oszlopkísérlet segítségével, Talajvédelem különszám 2017, pp 251-260 **(3 pont)**

Belayneh G M, Sebők A, Waltner I (2020): A field-level study of soil penetration resistance, moisture content and infiltration
In: Jakab Gusztáv, Csengeri Erzsébet (szerk.)
Water management: Focus on Climate Change. ISBN: 9789632698922
Konferencia helye, ideje: Szarvas, Magyarország, 2020.01.01. Szarvas, pp. 24-29. **(5 pont)**

Sebők A, Czinkota I, Dálnoki A B, Waltner I, Grósz J (2019): Long-term reduction effects to the extractable soil chemicals
In: Jakab Gusztáv, Csengeri Erzsébet (szerk.)
XXI. Századi vízgazdálkodás a tudományok metszéspontjában: II. Víz tudományi Nemzetközi Konferencia. 366 p. ISBN 9789632698083
Konferencia helye, ideje: Szarvas, Magyarország, Kiadó: SZIE Agrár- és Gazdaságtudományi Kar, 2019.03.22. Szarvas, pp. 349-355. **(5 pont)**

Sebők A, Labancz V, Makó A, Dálnoki A B, Barna Gy, Czinkota I (2018):
Reduktív környezetben inkubált talajok aggregátum stabilitásának vizsgálata lézer-diffraktometriás módszerrel
In: Bakacsi, Zs; Kovács, Zs; Koós, S (szerk.) Talajtani Vándorgyűlés : Absztrakt és program füzet : Talajhasználat - funkcióképesség
Magyar Talajtani Társaság, (2018) pp. 17-18. **(1 pont)**

4.2. Teljes szövegű közlemény, alkalmi (nem periodika jellegű) kongresszusi kiadványban, magyar nyelven, lektorált formában megjelentetve

Sebők A, Nemes A, Czinkota I, Balázs Á (2018): Talajszemcsék ülepedése sós környezetben
In: Füleky György (szerk.)
XIV. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia. 397 p.
ISBN: 9786150016450
Konferencia helye, ideje: Gödöllő, Magyarország, 2018.04.05-07. Gödöllő, MAG Mezőgazdaságért Alapítvány, pp. 279-283. **(3 pont)**

Sebők A, Czinkota I, Nyíri B, Bosnyákóvics G, Gulyás M (2018): Analysis of Soil Organic material in UV-VIS Spectrum
In: Kende Zoltán (szerk.)
17th Alps-Adria Scientific Workshop: Abstract book. 169 p.
ISBN: 9789632697345
Konferencia helye, ideje: Hnanice, Csehország, 2018.04.09-14. Gödöllő, SZIE Egyetemi Kiadó, pp. 114-115. **(2 pont)**

4.3. Megtartott előadás vagy bemutatott poszter alapján készített egy oldalas idegen vagy magyar nyelvű összefoglaló, szerkesztett tudományos folyóiratban, vagy annak különszámában

Sebők A, Grósz J, Waltner I, Czinkota I (2018): Humuszanyagban bekövetkező változás mezőgazdasági területeken vízborítás hatására
In: Jakab Gusztáv, Tóth Attiláné, Csengeri Erzsébet (szerk.)
Alkalmazkodó Vízgazdálkodás: Lehetőségek és kockázatok. Víz tudományi Nemzetközi Konferencia. 313 p. ISBN: 9789632697369
Konferencia helye, ideje: Szarvas, Magyarország, 2018.03.22. Szarvas, pp. 170. **(1 pont)**

5. Kongresszusi kiadványokban megjelent közlemények (nyomtatott formában v. elektronikus adathordozón – nem hitelesített kiadványokra vonatkozóan)

- 5.1. Teljes szövegű közlemény idegen nyelven
- 5.2. Teljes szövegű közlemény magyar nyelven
- 5.3. Egy oldalas idegen vagy magyar nyelvű összefoglaló

Dálnoki A B, Gulyás M, Rétháti G, Sebők A, Tolner L. Köles P, Czinkota I (2021): Az EDTA hatása a talaj potenciálisan toxikus elemtartalmára
In: Rétfalvi, Tamás (szerk.) „TERMELJÜNK EGYÜTT A TERMÉSZETTEL! – AZ AGRÁRERDÉSZET, MINT ÚJ KITÖRÉSI LEHETŐSÉG”: PROJEKTZÁRÓ TANULMÁNYKÖTET. Sopron, Magyarország : Soproni Egyetem Kiadó pp. 487-490. **(1 pont)**

Szilágyi A, Horváth E, Kolár A, Centeri Cs, Nagy P, Simon B, Kovács E, Sebők A (2019): Comparison of some ecosystem service related soil characteristics of conventional, organic and permaculture farms in Szentendre Island, Hungary: an explorative case study
In: Zdruli, P; Sallaku, F; Costantini, E; Dazzi, C (szerk.) Soil's contribution to people : from food to life supporting services : Book of Abstracts and Field Excursion Napoli, Olaszország : Le Penseur pp. 96-96. **(1 pont)**

Sebők A, Nemes A, Czinkota I, Labancz V (2018): An optical approach to quantify the impact of various salt-ions on the sedimentation of suspended sediment in freshwater. Poszter, 2018 August 12-17: 21th World Congress of Soil Science, Rio de Janeiro, Brazília **(1 pont)**

Makó A, Földényi R, Tóth J, Kardos A, Herczeg E, Barna Gy, Hernádi H, Sochan A, Ryzak M, Bieganowski A, Czinkota I, Sebők A, Bakacsi Zs, Kovács Zs, Koós S (2018): A lézerdiffrakciós mérés technika talajfizikai célú alkalmazása. In: Bakacsi, Zs; Kovács, Zs; Koós, S (szerk.) Talajtani Vándorgyűlés : Absztrakt és program füzet : Talajhasználat - funkcióképesség. Magyar Talajtani Társaság pp. 16-17. **(1 pont)**

Földényi, R., Czinkota, I., Sebők, A., és Marton, A. (2017): Huminanyagok UV-VIS spektruma és a Weisbull-féle sűrűségfüggvény, 6. Környezetkémiai szimpózium, Bakonybél, 2017. október 12–13., pp 16. **(1 pont)**

Czinkota, I., Rétháti, G., Tolner, L., Dálnoki, A. B., és Sebők, A. (2017): Széles körben használatos adszorptívum csere izoterma levezetése és használati lehetőségei, 6. Környezetkémiai szimpózium, Bakonybél, 2017. október 12–13., pp 31. **(1 pont)**

Rétháti, G., Czinkota, I., Sebők, A., és Tolner, L. (2016): Kationok (Pb²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Co²⁺) talajon történő szimultán megkötődésének jellemzése, 5. Környezetkémiai szimpózium, Tihany, 2016. október 6–7., pp 23. **(1 pont)**

Sebők, A., Rétháti, G., Varga, D., Füleky, Gy. és Tolner, L. (2016): Comparing study about the methods to measure the copper sorption capacity of soils, 15th Alps-Adria Scientific Workshop Mali Lošinj, Croatia, 2016 Április 25-30. **(2 pont)**

Rétháti, G., Varga, D., Sebők, A., Füleky, Gy., Tolner, L. és Czinkota, I. (2015): Talajok rézmegkötő képességének vizsgálata oszlopkísérletek segítségével, 4. Környezetkémiai szimpózium, Tata, 2015. október 8–9., pp 27. **(1 pont)**