

Soproni Egyetem
Erdőmérnöki Kar

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

***Kocsánytalan tölgy és fehér akác állományok befolyása a talaj
aggregátumdinamikájára és szervesanyag-megkötésére***

Mátra Zoltán Soma

Sopron
2022

Doktori Iskola: Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási
Tudományok Doktori Iskola

Program: Erdei ökoszisztémák ökológiája és diverzitása

Programvezető: Prof. Dr. Mátyás Csaba

Témavezetők: Dr. habil. Heil Bálint

Dr. habil. Kovács Gábor

1. Előzmények és célkitűzés

Globális léptékben a talajok (a pedoszféra) a vegetáció és az óceánok után a harmadik legjelentősebb szén- (illetve szerves anyag) raktárak; egyúttal sérülékeny, feltételesen megújuló természeti erőforrások. A sok funkciót ellátni képes, jól működő ökoszisztémák, illetve a termékeny, vagyis tápanyagokkal, nedvességgel jól ellátott termőhelyek morfológiailag változatos, összetett szerkezetet tételeznek fel. Kutatásunk fókuszában ezért a talaj szerves összetevőin túl a szerkezeti összetevők: a mikro- és makroaggregátumok voltak.

A fehér akáccal folytatott előtanulmány (BSc-szakdolgozat) nyomán az Országos Erdőállomány-Adattár segítségével egy további fafajt választottuk, a kocsánytalan tölgyet, amelyet Magyarországon az akáccal azonos termőhelyi és éghajlati viszonyok között (monokultúrában is) ültetnek. A nemzetközi szakirodalmat is áttekintve számos cikket találunk, amelyek erdőtalajok szervesanyag-raktározásával foglalkoznak. Az egyik leggyakrabban leírt jelenség, hogy magasabb növényi diverzitással (ide értve adott területen a fafajok nagyobb számát, de az aljnövényzet magasabb fejlettségét is) a talajban tárolt szénkészlet többnyire nő, és az általános talajtulajdonságok is javulnak. Megjegyzendő ugyanakkor, hogy ezek a hatások a felhalmozódási és ásványi szintekben igen eltérő mértékben mutatkozhatnak meg; túlevelűek alatt a hatás kifejezettebb.

Konkrét fajoknak a termőhelyük tartamosan kötött szénkészletére kifejtett hatását kevesen vizsgálták. Szintén kevés olyan munka ismeretes, amelyek fás vegetációk aggregátumképződésre- és stabilitására gyakorolt hatását elemzik; s ezek nem igazolnak egyértelmű fajfajta befolyást, illetve jelentős térbeli különbségekről számolnak be egy-egy talajprofilon belül. Mezőgazdasági kultúrák (pl. kukorica, borsó, búza) talajaggregátumokra gyakorolt befolyásával kapcsolatban lényegesen több szakcikk áll rendelkezésre.

Ahhoz, hogy a fent tárgyalt összefüggések jelen kutatásban reális (megvalósítható) keretek között legyenek vizsgálhatóak, speciális kronoszekvenciát, hamis idősort alkalmaztunk. Így első-, illetve többedik generáció (több véghasználat) óta fennálló akác és tölgy állományok talajait fátlan kontrollterületekével vethettük egybe. A módszer lehetővé tette, hogy a vizsgált (valamennyi helyszín esetében egységes) termőhelytípus-változaton a fajok hosszabb-rövidebb jelenlétének befolyását, illetve a talajfejlődést egyidőben tanulmányozhassuk. A következtetések jobb általánosíthatósága érdekében ezt a kísérleti sémát az ország két régiójában is alkalmaztuk (Somogy-, illetve Nógrád megyében); két független, de egymásnak megfeleltethető mérési sorozattal.

Munkánkhoz még elterjedőben lévő, illetve újszerű vizsgálati módszereket is használtunk; utóbbi esetében célunk volt az új módszer erdészeti talajtani alkalmazhatóságának, illetve

alkalmasságának tesztelése is. Ehhez nagy mintaszámmal végeztünk párhuzamos méréseket.

Konkrét célok voltak:

- Összesen 16 helyszín talajmintáinak laboratóriumi vizsgálata; az aggregátumképződés és szervesanyag-tárolás szempontjából releváns fizikai és kémiai tulajdonságok meghatározása. Az így nyert adatok tették lehetővé az egyes termőhelyek és talajfejlődési állapotok alapvető egybevetését.
- Az elsődleges (elemi) talajszemcsék (az aggregátumok ásványi összetevői) méretcsoportonkénti százalékos megoszlásának vizsgálata valamennyi kutatási helyszínen. Segítségével a (talajfejlődés) kiindulási állapotáról és feltételeiről nyertünk információt.
- A finom frakciók (agyag- és iszapfrakciók) elektrohidrosztatikus vizsgálata, ehhez kapcsolódóan a módszer hatékonyságának és alkalmazhatóságának értékelése.
- A talaj szerves összetevőinek (SOM = soil organic matter) a megkötés (tárolás) erőssége (tartósság) szerinti frakcionálása. Segítségével mutattuk ki/mértük a vizsgált fajok szerepét a talaj rövid-, közép és hosszútávú széntárolásában.

- Aggregátumok méretmegoszlásának, morfológiájának és stabilitásának vizsgálata; ezen keresztül a vizsgált fafajok befolyásának kimutatása a talaj aggregátumdinamikájára.
- A mért fizikai és kémiai paraméterek kronoszekvenciás strukturálása, majd ezeken keresztül a szénmegkötési, aggregátumképződési (végső soron talajfejlődési) folyamat értelmezése, az egyes fafajok befolyásának feltárása.
- Újabb adatok szolgáltatása magyarországi Ramann-féle barna erdőtalajok (Cambisolok) széntárolására és aggregátumdinamikájára vonatkozóan, amellyel célunk a hiányos ismeretek bővítése, illetve esetleges tévedések vagy ellentmondások tisztázása volt.

2. Anyag és módszer - Kísérleti és vizsgálati módszerek

2.1. Mintavétel és minta-előkészítés

A vizsgálatokhoz Külső Somogy és Középső-Cserhát-vidék erdészeti tájakon, cseres-kocsánytalan tölgyes klímában, lösz alapkőzeten Ramann-féle barna erdőtalajok (Cambisol) szerves- és ásványi szintjeit mintáztunk; utóbbit egységesen, a 0–5 cm, 5–10 cm és 10–30 cm közötti mélységekben. A mintavételezés a helyi sajátságok (domborzat, vegetáció, bolygatásmentesség) figyelembevételével, adott termőhely egy-egy jellegzetes (reprezentatív) pontján történt. A minta-előkészítés az ISO

11464 szabvány szerint történt; az ásványi szinteket érintő vizsgálatok kiindulási mintaanyaga a légszárakra szárított (40°C), átszitált (<2 mm) „finomföld” volt, amelyből az előírásnak megfelelően eltávolításra kerültek váz és a gyökérdarabok is. A térfogattömeg 100 cm³ térfogatú hengerekkel gyűjtött talajmintákból került meghatározásra.

2.2. Mért paraméterek és vizsgálati módszerek

Kémhatás vizsgálata. A talajminták kémhatásának meghatározása desztillált vizes- és kálium-kloridos talajszuszpenziók potenciometriás mérésével történt az ISO 10390 szabvány alapján.

Szerves- és szervesetlen széntartalom, valamint a nitrogéntartalom meghatározása. A szerves- és szervesetlen széntartalom meghatározása katalizált száraz égetéssel, az ISO 10694 szabvány szerint történt. Ugyanezen a módon és eszközön, (Elementar Vario EL cube készülékkel) a szénnel egy menetben határoztuk meg a minták nitrogéntartalmát is.

Textúra (fizikai féleség) meghatározása. Az elsődleges ásványi talajösszetevők tömegarány szerinti megoszlását kombinált szítás-szedimentációs vizsgálatokkal határoztuk meg. A finom frakciókat (agyag- és iszapfrakciók) Köhn-pipettás (ISO 11277 szabvány) és elektro-hidrosztatikus elven is (Pario®-készülék) mértük (párhuzamos mérések), míg homokfrakciókat

egységesen nedves szitálással különítettük el. A minta-előkészítés (H_2O_2 feltárás + kémiai- ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) és kéméletes fizikai diszpergálás) valamennyi esetben azonos volt.

Sűrűségkülönbség-alapú SOM-frakcionálás. A kutatásban a Golchin és mtsai. (1994) által kifejlesztett eljárást alkalmaztuk; a frakcionáló médium ($3 \text{ Na}_2\text{WO}_4 \cdot 9 \text{ WO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) sűrűsége $\rho = 1,6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ volt. Az elkülönített frakciók (fLF, oLF és HF) száraztömegmérése után meghatároztuk azok szén- és nitrogéntartalmát.

Digitális dinamikus képanalízis. Az aggregátumok, és az elsődleges ásványi talajösszetevők méretcsoportok szerinti megoszlásának, valamint az aggregátumstabilitás vizsgálatához QicPic automatikus képanalizátor-rendszert használtunk, Lixell - Sucell modulokkal kombinálva. A vizsgált mintákat vizes szuszpenzió formájában juttattuk a készülékbe. Így 15 – 1100 μm közötti tartományban a méret mellett geometriai jellemzőket is meghatároztunk, majd az adatokat a legkisebb Feret-átmérő (Feret_{\min}) szerint csoportosítottuk, illetve az $S = 0,95$ -nél alacsonyabb szfericitású részecskéket kizártuk a mérésből. Az aggregátumstabilitás vizsgálatához a készülék ultrahangegységével $\sim 0,30 \text{ Joule} \cdot \text{ml}^{-1}$ roncsolási energiát közöltünk két lépcsőben, amelyeket ismételt mérések követtek.

Statisztikai értékelés. A disszertációban tárgyalt adatok és mérési eredmények értékelését az R, illetve R-Studio statisztikai

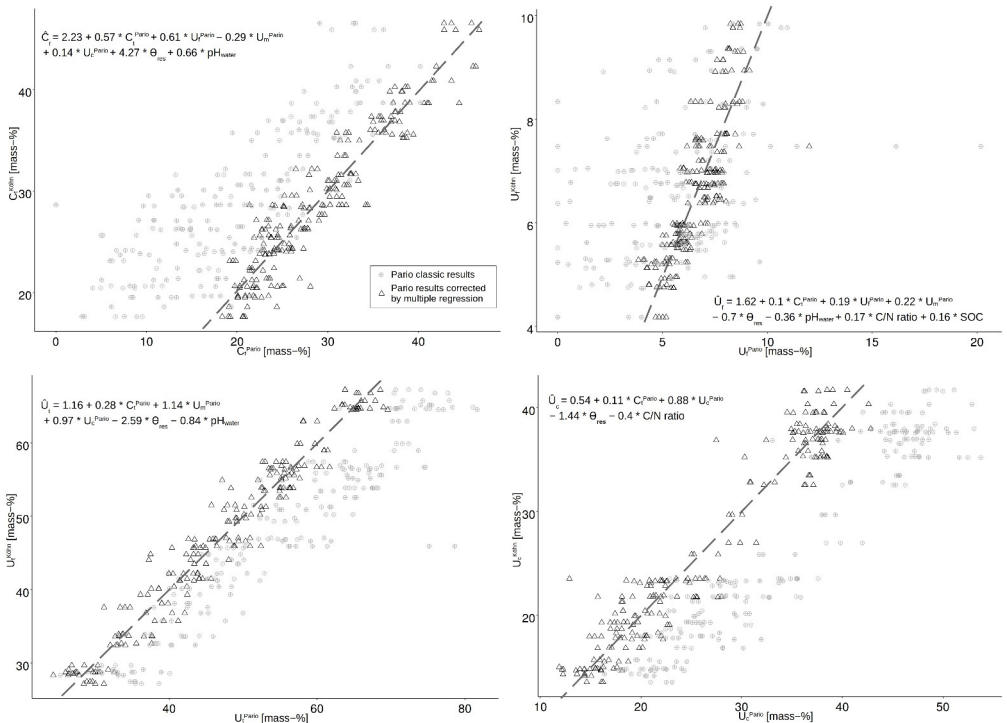
platformmal végeztük (verzió: 4.1.2). A szignifikáns eltérések vizsgálatára Kruskal-Wallis-probát (H-teszt) használtunk, „post-hoc” páros tesztekkel (Dunn’s-teszt) kiegészítve, itt a p-értékeket a Bonferroni-módszerrel módosítottuk. A SOM-frakciók közötti kétoldali varianciát Wilcoxon-Mann-Whitney próbával (U-teszt) vizsgáltuk, és lineáris kevert-hatás modelleket (LMM-ek) alkalmaztunk a talaj széntárolására ható tényezők feltárásához.

A dolgozatban használt konfidenciaszint: $(1 - \alpha) = 0,95$.

3. Eredmények és következtetések – tézisek

A kutatás során kapott új tudományos eredmények összegzése tézispontokban:

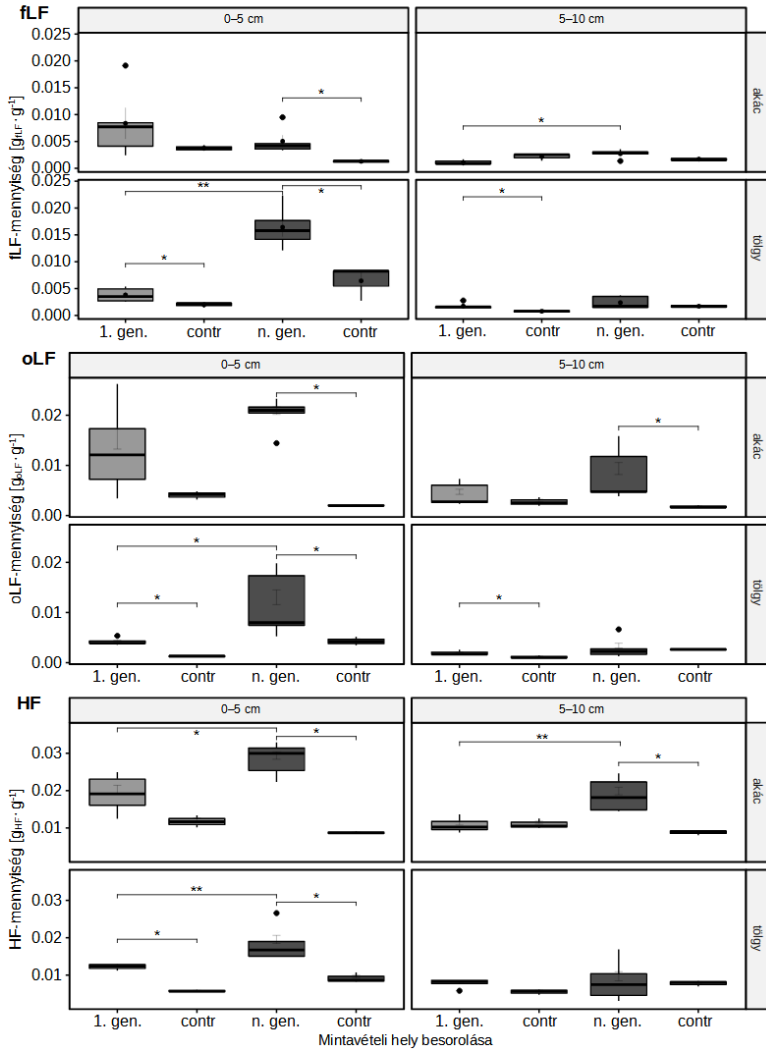
1. A talajminták fizikai féleségének hatékonyabb vizsgálatát szolgáló „Pario® classic” eszköz mérési eredményei a közép iszap frakciót leszámítva, kiváltképp magasabb agyagtartalom esetében nem feleltethetőek meg a Köhn-pipettával mért eredményeknek. Az általunk kidolgozott (szemiempirikus) lineáris regressziós függvényekkel <5% (m/m) alatti hibával korrigálhatóak a hibás iszap- és agyagfrakciók részarányai (1. ábra).

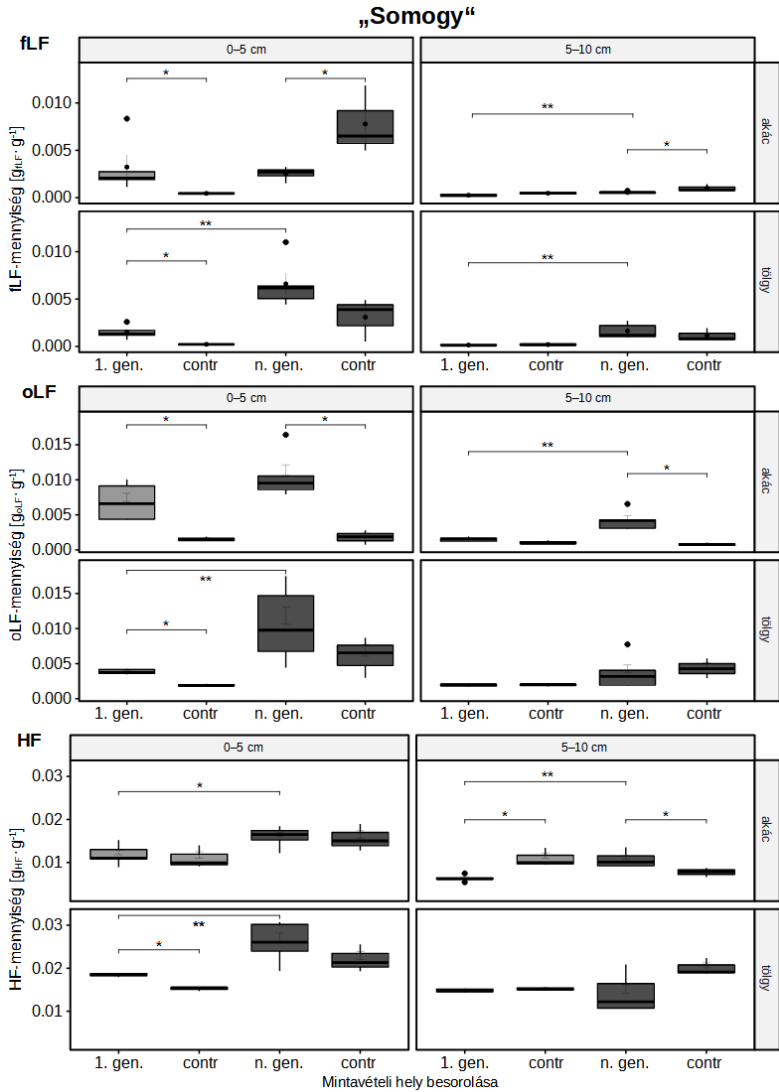


1. ábra. Eredeti (szürke kereszt) és korrigált (fekete háromszög) Pario mérések (x tengely) egybevetése a referencia (Köhn-pipettás) mérési eredményekkel (y tengely). A bal felső sarokból jobbra-lefele haladva, rendre: agyag, finom iszap, össz-iszap, durva iszap-frakciók; illetve a regressziós egyenletek.

2. Eredményeink szignifikáns eléréseket igazoltak a talaj átmenetileg (fLF) és hosszabb időszakra kötött szerves frakcióinak (oLF és HF) vonatkozásában is, mind a minta- és kontrollterületek, mind az első- és többedik generációs állományok között (2. a–b. ábra). Az, hogy melyek voltak a ható termőhelyi tényezők, illetve milyen befolyással bírtak az egyes fafajok a „készletváltozásra” frakciónként, mélységi szintenként és a két régióban is valamelyest különböző volt, de a tendenciák hasonlóak.

„Nógrád“

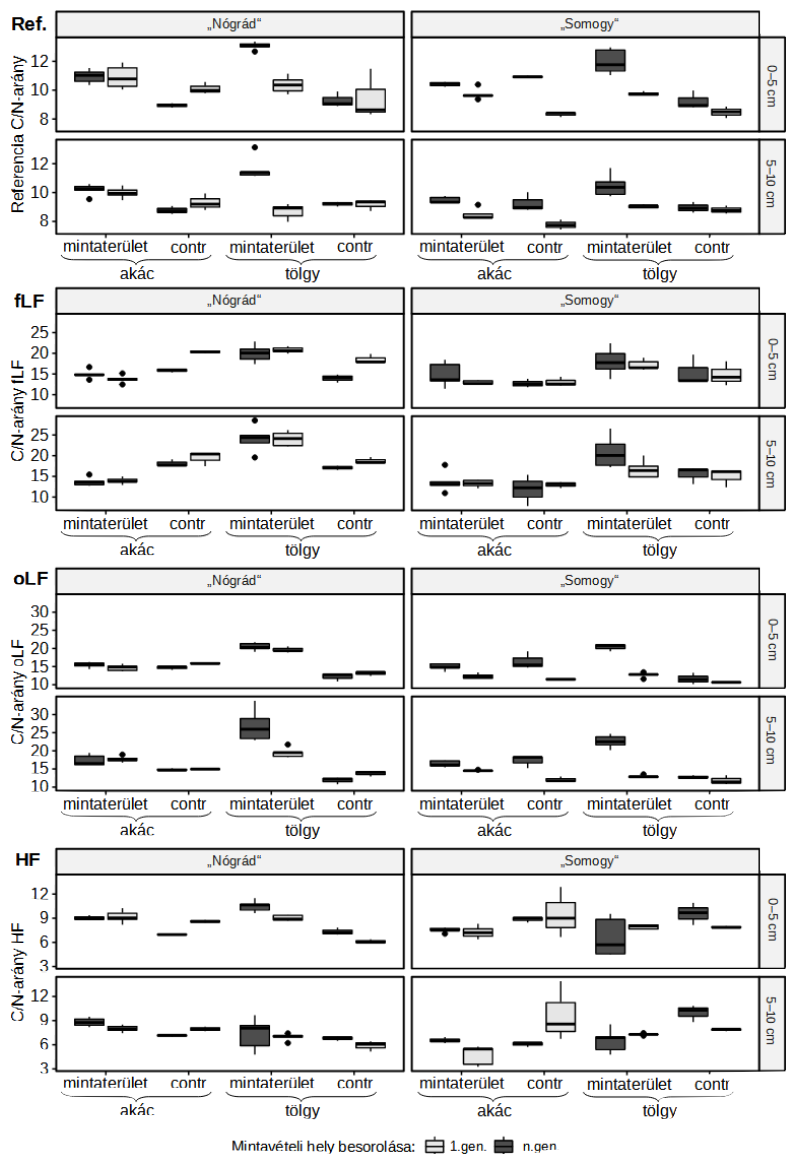




2. b. ábra. Az átmenetileg, közép- és hosszú távra kötött szerves anyag mennyiségi alakulása az egyes frakciókban a „somogyi” régióban 0–5 cm-es és 5–10 cm-es mélységben. (szignifikancia-jelölések magyarázata: ld. 1.a. ábra)

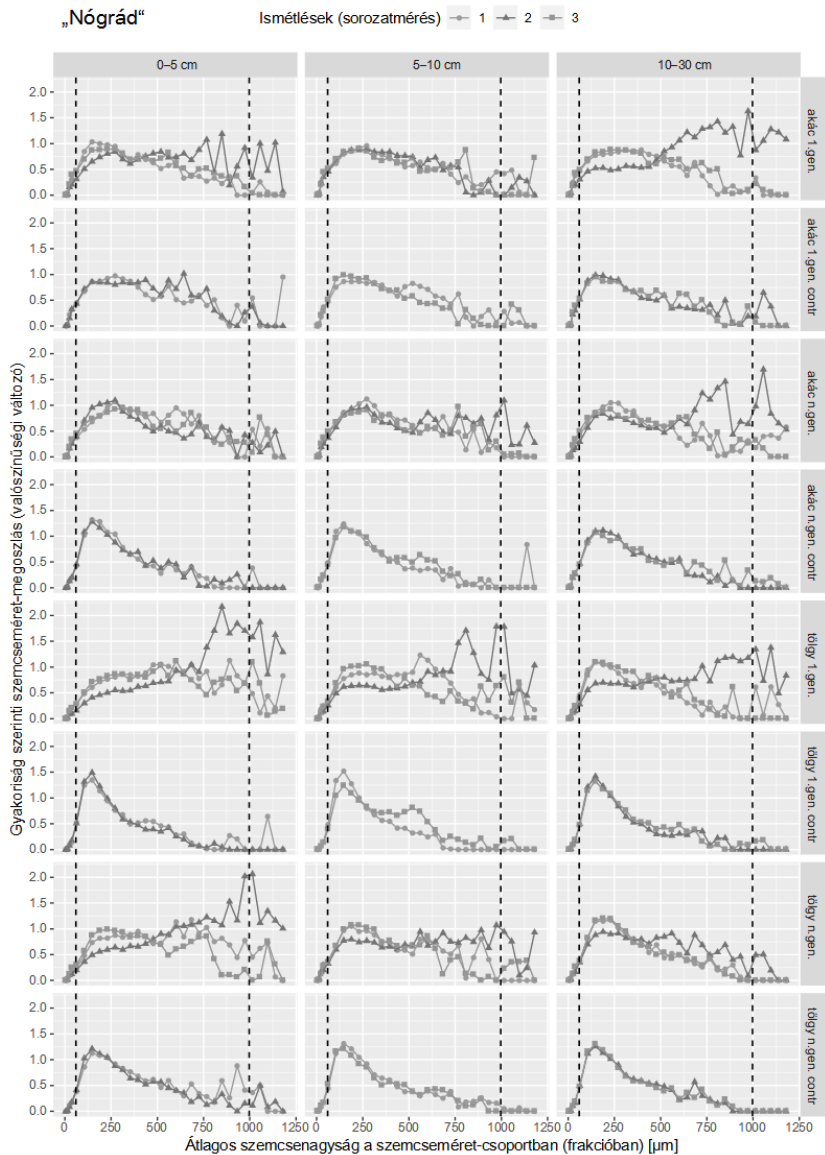
3. Adatainkból lineáris kevert-hatás modellekkel a kocsánytalan tölgy szignifikáns pozitív befolyását igazoltuk fátlan kontrollterületekhez képest, az 5–10 cm-es ásványi rétegben az átmenetileg, illetve hosszútávon kötött szervesanyag-raktárak (fLF és a HF-frakciók) vonatkozásában is. Fehér akác esetében az előzőekhez hasonló egybevetéssel bonyolultabb összefüggés adódott. A 0–5 cm-es rétegben az átmeneti könnyű frakció (fLF) mennyiségére az akác szignifikánsan negatívan hatott. A középtávon kötött könnyű frakcióban (oLF) viszont az akác jelenlétében szignifikánsan nagyobb készleteket mértünk, mind a 0–5 cm-es, mind az 5–10 cm-es mélységekben a fátlan területekénél.
4. A modellezés rávilágított, hogy a vizsgált talajokban egyes frakciók mennyiségi alakulása többnyire nem bír szignifikáns befolyással más frakciók mennyiségére. Kivétel: a nehéz frakció (HF), amelyre a szabad könnyű frakció (fLF) mennyisége szignifikánsan hat. Következtetés: a szervesanyag-megkötés folyamata a talajokban nem (feltétlen) a várt utat (fLF → oLF → HF) követi.
5. A SOM-frakciók és a termőhelyek általános C/N arányainak egybevetése a mikrobiális lebontottság (komposztálódottság) mértékén keresztül a szerves anyag mobilitására enged következtetni adott termőhelyen (3. ábra). Méréseink

alapján látható, hogy a többedik generációs állományok termőhelyein a C/N-arányok mindkét fafaj esetében (a „somogyi” akácos kivételével) szignifikánsan eltértek a kontrollterületekétől. Az első generációs állományok befolyása mérsékeltebb, a kontrollterületekkel egybevetve nem szignifikáns. Fás vegetációval borított területeken az avar jelentette rendszeres input (alacsony lebontottságú SOM) általánosságban az arányszámok magasabb szórásában is megmutatkozott. A könnyű frakciókra (fLF, oLF) a referencia C/N-aránynál magasabb arányszámok adódtak, amely az alacsonyabb lebontottságú, „friss” elhalt szerves összetevők magasabb részarányát jelzi ezekben a frakciókban. Legalacsonyabb C/N-arányú valamennyi esetben a mineralizálódás magas fokán álló nehéz (HF) frakció volt, amely arra utal, hogy ebben a frakcióban a szaprobioták számára alig/nem hozzáférhetően, hosszú távra raktározódik a szerves anyag.

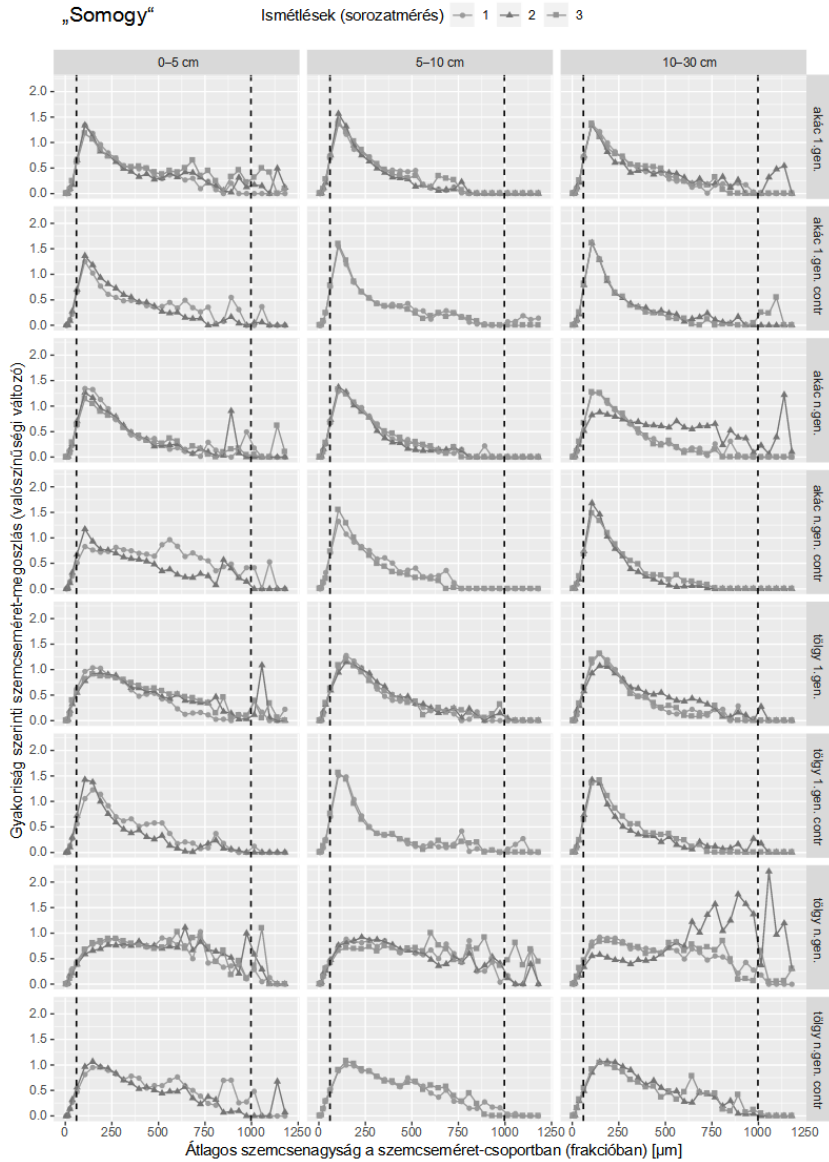


3. ábra. A referencia C/N arány alakulása a minta- és kontrollterületeken (legfelül), illetve az egyes SOM-frakciókban (fLF, oLF és HF) a 0–5 cm-es és az 5–10 cm-es mélységekben.

6. Az aggregátumok méretmegoszlása a két régióban, illetve fafaj, generáció és ásványi szint viszonylatában is különbözően alakult (4. a–b. ábra). A fátlan kontrollterületek homogénebb megoszlásokat mutattak a fás vegetációval borított mintaterületekénél. A „somogyi” régióban „nógrádinál” több mikroaggregátum ($< 250 \mu\text{m}$) volt detektálható, amiben közrejátszik a „somogyi” minták magasabb iszap és agyagtartalma (a több „kisebb” primer szemcse) is. Aggregátumméret alapján a következő sorrendiség adódott: fátlan területek $<$ akác termőhelyek $<$ tölgy termőhelyek.
7. Az aggregátumstabilitás-vizsgálatok (5. a–b. ábra) alapvetően a már ismert fordított arányosságot erősítették meg: növekvő mérettel csökken a stabilitás; ugyanakkor a nagyobb méretű aggregátumok valamelyest nagyobb stabilitása igazolódott a „nógrádi” régió tölgyeseiben.
8. A kapott eredmények igazolták a kocsánytalan tölgy és a fehér akác fajok befolyását a talaj aggregátumdinamikájára a 0–30 cm-es ásványi szintben.
9. A hamis idősoros kísérleti séma sikeresen alkalmazható szénmegkötési, aggregátumképződési (végső soron talajfejlődési) folyamatok tanulmányozására, illetve e folyamatokban az egyes fajok befolyásának feltárására.

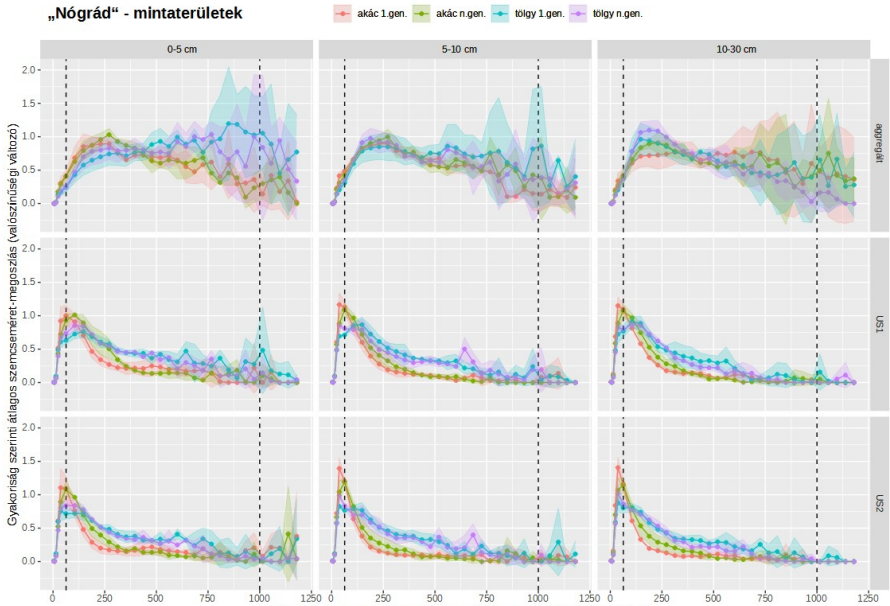


4. a. ábra. Az aggregátumok méretmegoszlása a „nógrádi” régióban a 0–5 cm, 5–10 cm és 10–30 cm-es mélységben.

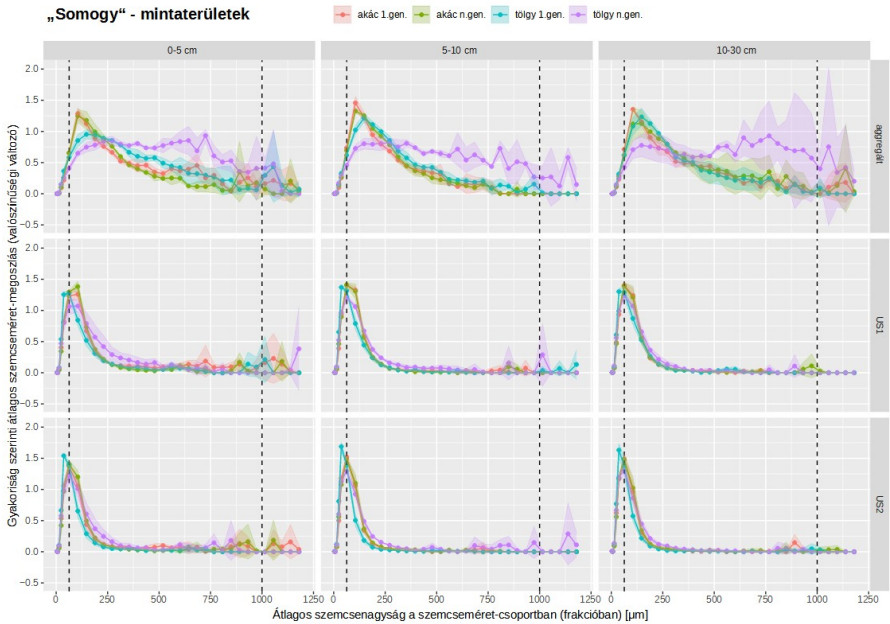


4. b. ábra. Az aggregátumok méretmegoszlása a „somogyi” régióban a 0–5 cm, 5–10 cm és 10–30 cm-es mélységben.

„Nógrád” - mintaterületek



„Somogyi” - mintaterületek



5. a-b. ábra. A gyakoriság szerinti szemcseméret-megoszlás az aggregált és ultrahanggal kezelt (US1 és US2) minták esetében, a „somogyi” és a „nógrádi” régióban (erdővel borított mintaterületek) a három vizsgált szintben.

4. Az értekezés témakörében készült saját közlemények

Szakfolyóirat cikk

Mátra, Z. S., Heil, B., Kovács, G., Lang, F., Schack-Kirchner, H. (2022): Increased accuracy and precision of hydrometric soil texture measurements (“Pario classic method”) with semi-empiric correction functions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 185, 417– 426. (Impact factor: 2.426)

<https://doi.org/10.1002/jpln.202100213>

Konferencia előadás

Mátra Z.S., Graf-Rosenfeller M., Lang F., Heil B., Kovács G. (2017): The impact of black locust (*Robinia pseudoacacia*) on soil development and biomass (C) fixation. HU-DE workshop on Carbon-Metabolism, Sopron. 2017.03.11-12.