

jakab.gergely.imre\_226\_24

A szervesanyag tér- és időbeli változása Magyarország  
feltalajában

MTA doktori értekezés tézisei

Jakab Gergely

Budapest, 2024

## BEVEZETÉS

Hazánk egyik legfontosabb természeti erőforrása a talaj. Szerepe alapvető a jó minőségű és biztonságos élelmiszer termelésben de jóval túl is mutat ezen. Meghatározó szerepet játszik többek között a csapadékvíz és a tápanyagok tárolásában, illetve szűri, stabilizálja és esetenként le is bontja a szennyezőanyagokat.

A talajt érő, részben természetes, de meghatározó módon az emberi tevékenység következményeként kialakult káros hatások folyamatosan rombolják annak szerkezetét, összetételét és funkcionalitását is. A hazánk területére készülő klimatikus előrejelzések alapján az átlaghőmérséklet csekély növekedése mellett leginkább az időjárási szélsőségek fokozódására kell számítanunk. Ezzel a kihívással szemben létkérdés, hogy a talaj funkcionalitását ne csak megőrizzük, hanem a lehetőségekhez mérten még fokozni is tudjuk. Az egyre rendszertelenebb és egyre hevesebb csapadékesemények eróziót és tápanyag veszteséget okoznak, villámárvizeket indukálnak, melyek már lakott területeket, sőt embereket is veszélyeztetnek. Mindemellett a lefolyt víz hiánya a tenyészidőszak folyamán aszályt okoz mely végső soron az élelmiszerbiztonságot is veszélyezteti. Már a mért adatok alapján is, de az előrejelzések szerint még inkább, egyre nagyobb területeken kell kezelnünk az adott éven belül egymás után jelentkező víztöbblet és aszály okozta problémát.

A lehetséges megoldások között kiemelt helyen kell kezelnünk az ásványi talajok szervesanyag-gazdálkodásának kérdéskörét. A hosszú ideje művelt talajok elvesztették szervesanyag-készletük jelentős részét ezzel összefüggésben funkcionalitásuk érdemben romlott. E talajok szerves anyag tartalmának visszapótlásával a talajtulajdonságok széles körét, többek között a vízgazdálkodást, a pufferkapacitást és a termékenységet is jelentősen lehet javítani.

A változások két alappillére a talajok természetes vegetációval erdővel vagy gyeppel történő tartós fedése. Illetve művelt területek esetén a talajművelés intenzitásának csökkentése és a talajba juttatott növényi maradványok mennyiségének növelése. Míg a csökkentett bolygatás hatására a talaj mikroorganizmusainak élettevékenysége, azaz a szervesanyag lebontása mérséklődik, addig az utóbbi révén a talajba kerülő friss szervesanyag hosszabb távon is lekötődik, átalakul és érdemben járul hozzá a talaj tulajdonságainak és funkcionalitásának javításához.

Habár a fent vázolt elképzelést egyre több helyen próbálják átültetni a gyakorlatba és ennek kapcsán egyre több mért eredménnyel rendelkezünk, számos kérdést illetően még nem egyértelműek a tendenciák, illetve nem világos, hogy a világszerte mért eredményke mennyire adaptálhatóak Magyarország területére.

## CÉLKITŰZÉS

Jelen dolgozat célja, hogy összefoglalja kutatásom eredményeit a talaj degradációjával kapcsolatosan és választ találjon a kérdésekre, hogy a talajba kerülő friss szervesanyag milyen mechanizmusok alapján stabilizálódik, illetve e stabilizációs lehetőségeket hogyan befolyásolják a talajtulajdonságok. További kérdés, hogy ezek az eltérő mechanizmusok okoznak-e különbségeket a megkötött szervesanyag kémiai összetételében, illetve ezt hogyan befolyásolja a talaj típusa. Az sem egyértelmű, hogy a talaj vízbefogadó képessége csak

időszakosan, például csak tömörödött állapotában javul a szervesanyag növekmény hatására, vagy e kedvező hatás az év egészében, a talajműveléstől függetlenül jelentkezik. Szintén válaszra vár a kérdés, hogy mekkora hazánk talajtakarójában a maximálisan eltárolható szervesanyag mennyisége, illetve ez milyen területi heterogenitással bír. Ennek ismeretében válnának meghatározhatóvá azok a területek melyeken a legkisebb befektetéssel a legnagyobb szervesanyag növekményt tudnánk elérni a feltalajban. Ugyancsak meghatározásra vár a kérdés, hogy országos léptékben mely tényezők hatnak leginkább a feltalaj pillanatnyi, stabilan kötött szervesanyag tartalmára. A dolgozat további célja egy megoldási lehetőség felvázolása.

A témakör részletekbe menő vizsgálatát esettanulmányokon keresztül közelítettem, melyeket a mezőgazdasági talajhasználat számára legfontosabb két talajtípuson egy agyagbemosódásos barna erdőtalajon és egy csernozjom talajon végeztem el. Ezen vizsgálatok eredményeit általánosítva megpróbáltam országos léptékben is áttekinteni a talaj szervesanyagának mennyiségét és összetételét.

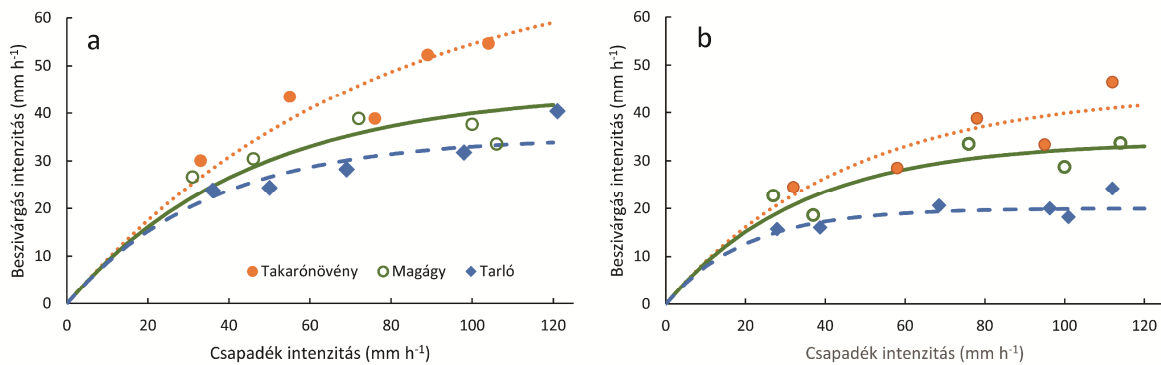
## MÓDSZERTAN

A talaj szervesanyag tartalmát a lebontás/átalakítással szembeni ellenálló képességük alapján három csoportra osztottam fel, melyek: i.) stabilan az ásványi fázishoz kötött, ii.) mobil, fizikailag az aggregátumok által védett, és iii.) védelem nélküli, oldott szénformákra osztottam fel. A vizsgált talajok egészében, illetve e fenti elkülönített szervesszén készletekben elemanalizátorral mértem a szervesszén koncentrációját. A szerves anyagok kémiai összetételét szintén a fenti csoportosítás szerint Fourier transzformációs infravörös- és fluoreszcens spektroszkópiával vizsgáltam. Az országos léptékű vizsgálatokban a Talajinformációs Monitoring hálózat pontjai alapján szerkesztett pedotranszfer függvényvel közelítettem a feltalajban maximálisan eltárolható szervesszén mennyiségét. A stabilan kötött szervesanyag kémiai összetételét *piecewise structural equation* modellezéssel vizsgáltam, hogy azonosítsam a legfontosabb szabályozókat.

## AZ ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

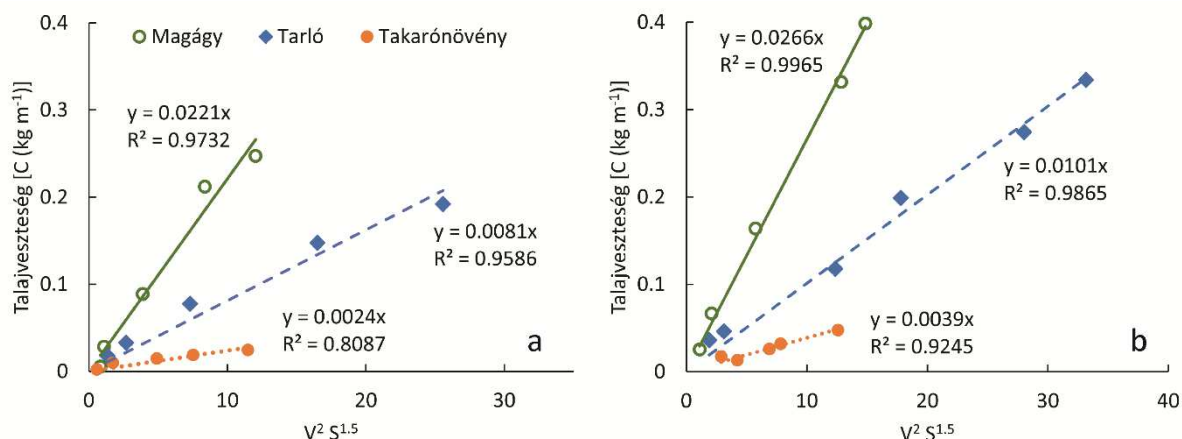
- |  |
|--|
| 1. Számszerűsítettem a kímélő művelés vízgazdálkodásra és talajpusztulásra gyakorolt hatását egy hazai agyagbemosódásos erdőtalajon. |
|--|

1.a. A nagyparcellás eső-szimulátor által elvégzett, eltérő csapadék intenzitású mérések eredményei alapján meghatározhatóvá vált egy adott talajállapothoz köthető tényleges, hatékony vízbefogadó képesség érték. Lényeges, hogy ez az érték nem konstans, hanem a csapadék intenzitásának függvényében változik (1. ábra). E területi heterogenitás szempontjából is reprezentatív mérési eredményeknek kulcsszerepük van a hidrológiai modellalkotás és validálás folyamatában.



1. ábra A végső talajba szivárgás intenzitásának változása az alkalmazott csapadékintenzitás függvényében; (a) kímélő talajművelés, (b) szántás alapú talajművelés

1.b. Kimutattam, hogy a kímélő művelés hatására csökken a lefolyó vízmennyiség és az erózió mértéke. Ez a hatás az év teljes egészében, talajállapottól függetlenül létezik. A legnagyobb különbség a talajvesztés tekintetében a frissen művelt, magágy állapotú talajon volt (2. ábra), míg a víz visszatartás tarló állapotban különbözött leginkább. A kímélő művelésű terület tarló állapotban is annyi vizet volt képes megtartani, mint a szántott területek magágy állapotban (1. ábra). Ez a hatás a talajszerkezet megváltozása mellett a felszínen maradó növényi maradványok víz visszatartó hatásának is köszönhető.

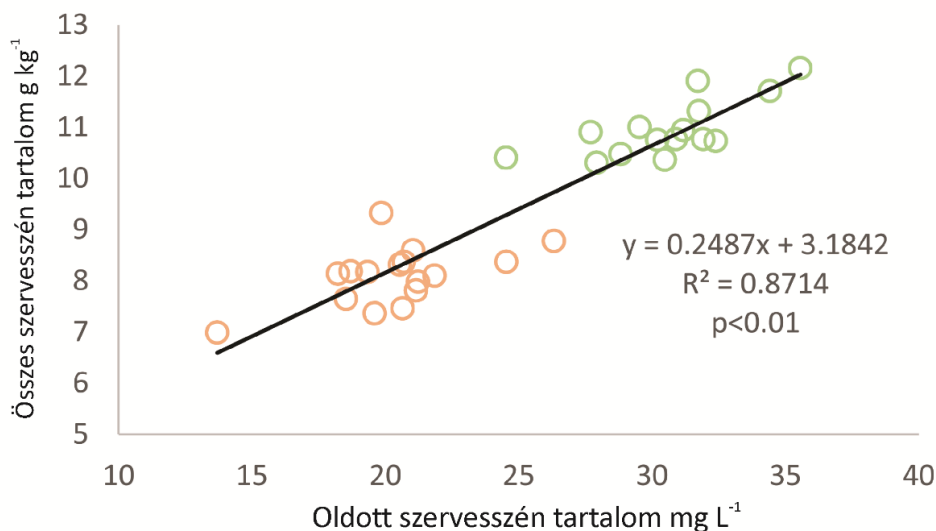


2. ábra A mesterséges esőztetések okozta talajvesztés értéke a felszíni lefolyás mennyiségének (V) és a lejtés meredekségének (S) függvényében. A mért pontokra illesztett egyenes meredeksége a talaj erodálhatóságát számszerűsíti. Kímélő művelés (a), szántás alapú művelés (b).

2. Ugyanezen mintaterületen kimutattam, hogy a talaj vízoldható és alkalikus anyag tartalmai nem egyformán reprezentálják a talaj egészének szerves anyagát.

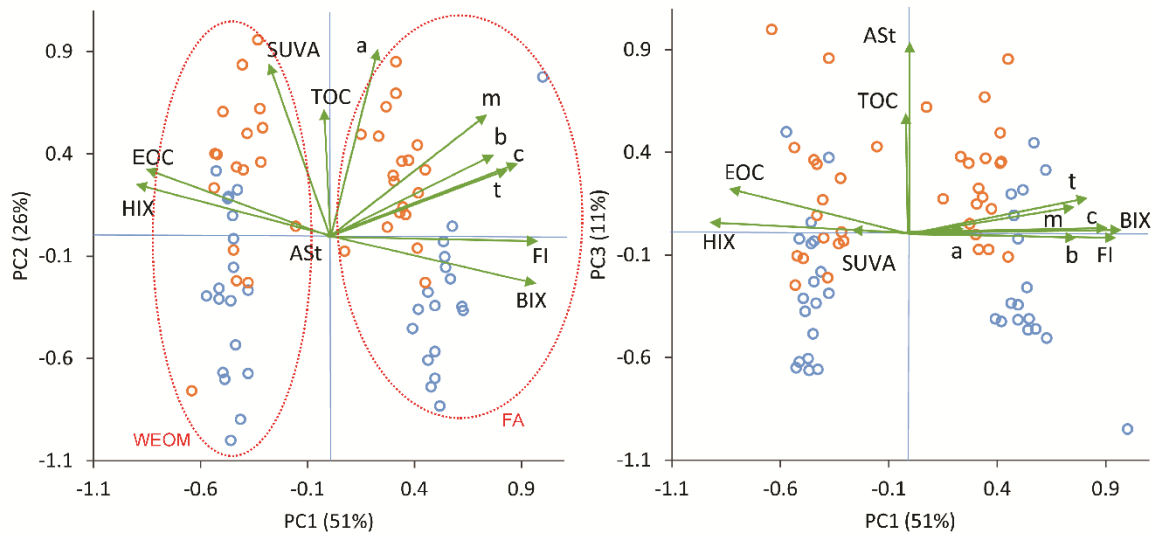
2.a. A szentgyörgyvári agyagbemosódásos barna erdőtalaj kímélő művelésű és szántott parcelláiról származó minták vízoldható szervesanyag tartalma direkt összefüggésben áll a talaj teljes szervesanyag-tartalmával (3. ábra). Az összefüggés az alkalikus kioldás esetében

hiányzik. Következésképpen a vízdoldható szervesanyag-tartalom jobb indikátora lehet a talaj teljes szervesanyag-tartalmának, mint a kivont fulvósav frakció.



3. ábra A talaj teljes szervesanyag-tartalmának összefüggése a vízdoldható szervesanyag-tartalommal a Szentgyörgyvári kísérleti területen (n=36). A naranccsárga jelölők a szántás alapú művelés, a zöldek a kímélő művelés tájának adatait számszerűsítik.

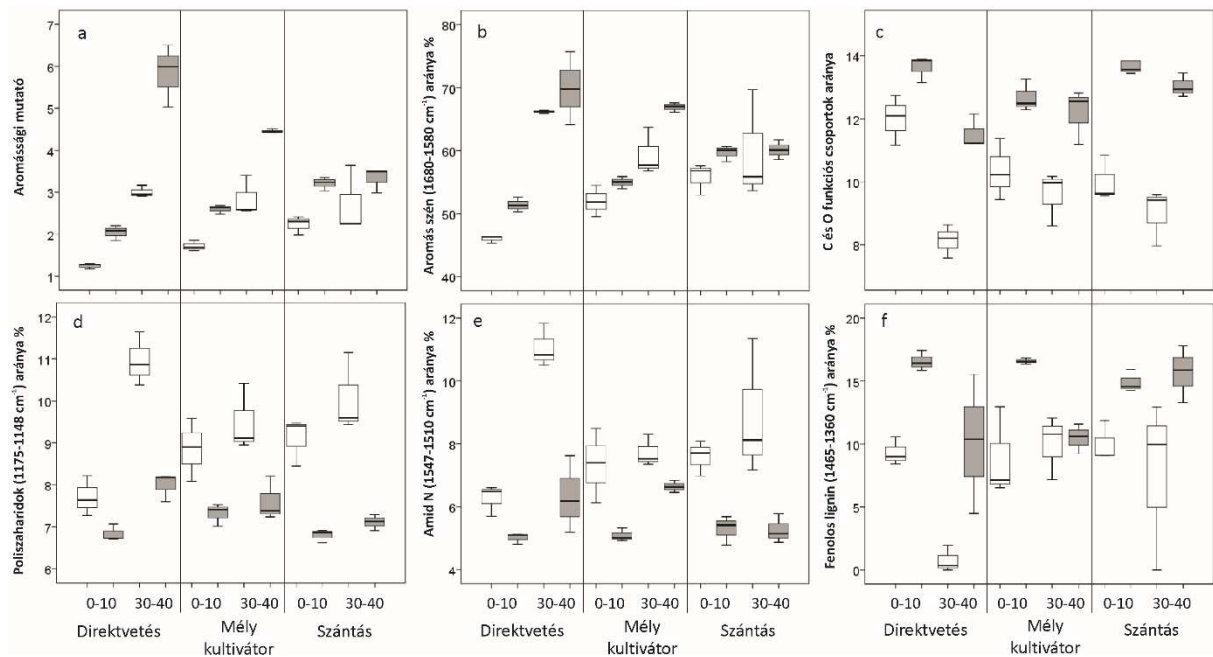
2.b. Az eltérő extraktumok koncentrációján túlmenően az oldott szerves anyagok összetétele szintén különbözött. A művelésváltás okozta recens talaj szerves anyag változás detektálására a vízdoldható szervesanyag jó indikátor. Habár a pillanatnyi mikrobiális hatás kimutatható az összetételében, lényegesen egyszerűbb extrahálhatósága nagy előny a rutin vizsgálatok során. Ugyanakkor a mikrobiológiai aktivitás a két művelés között nem változik, tehát a vízben oldott szervesanyag különbségeit a művelésmódok között nem az eltérő mikrobiom okozza. A kímélő művelés hatására a vízdoldható szervesanyag komplexitása és aromássága is növekszik, ami magasabb átalakultsági fokot, talajosodottabb szerves anyagot jelent a szántás alapú műveléshez képest (4. ábra). Következésképp a vízdoldható szervesanyag mennyisége és összetétele jó indikátorai lehetnek a talajegészség fokának és akár egy ehhez kapcsolódó támogatási rendszernek.



4. ábra A vízoldható és az alkalikus módszerrel extrahált szerves anyag koncentrációja és kémiai összetétele a főkomponens analízis biplot ábrája alapján. A tengelyek a három főkomponens értékeit szemléltetik zárójelben az általuk magyarázott összes variancia értékekkel. A narancssárga jelölők a kímélő művelés, a kék a szántás alapú művelés alatt vett mintákat ábrázolják. A zöld nyilak a dimenziócsökkentett talajtulajdonságok loading értékeinek vektorai. Az egyedi betűk a vonatkozó Coble csúcsmagasságokat jelölik. ASt: aggregátum stabilitás; EOC: oldott szerveszén tartalom; TOC: teljes szerveszén tartalom; SUVA: 254nm hullámhosszon mért specifikus UV abszorbanancia index érték; HIX: humifikációs index; FI: Fluoreszcens index; BIX: biológiai index; WEOM: vízoldható szerves anyag; FA: fulvósav frakció

3. Kimutattam, hogy a talaj stabil és mobil szervesanyag-készletei kémiai összetételükben, vagyis a talajosodottság mértékében is különböznek egymástól. Ugyanakkor, ez a különbség nem tendenciózus, a vizsgált mezőségi és az erdőtalaj dinamikájú mintaterületeken nem egységes az eltérő stabilitású szénkészletek összetétele.

Míg a mezőségi talajon a stabil, a finom ásványi szemcsékhez kötött szervesanyag-készlet bizonyult aromás alkotókban gazdagabbnak (5. ábra) addig az erdőtalajon az aggregátumokba zárt, mobil szervesanyag-készlet volt aromásabb, átalakultabb. Ez a tárolási mechanizmusok közötti eltérés sokkal markánsabbnak bizonyult, mint a talajművelés módjának hatása. További mintaterületek vizsgálatával tisztáztuk azt is, hogy a különbség nem a  $\text{CaCO}_3$  jelenlétéből vagy hiányából adódik, mert más mezőségi talajokon a mobil raktár szervesanyagai bizonyultak aromásabbnak, jobban átalakultnak. Az eltérés okának tisztázásában és a következmények értelmezésében figyelembe kell venni a talajok közötti további különbségeket az aggregáltság mértékében és a szervesanyag mennyiségében is.



5. ábra A mezősi talaj szerves anyag összetételének változásai a megváltozó talajművelés hatására eltérő szervesanyag-készletekben és mélységekben. A fehér dobozok az aggregátumokba zárt, a szürke dobozok az ásványi alkotók által direktben megkötött szerves anyagot szemléltetik

4. Adott talajon a szénkészletek közötti összetétel különbségek sokkal meghatározóbbak, mint a művelésmód váltás hatása. A készletek kémiai összetétele akkor sem változik meg, ha a művelésváltás hatására, friss szervesanyag raktározódik el a talajban.

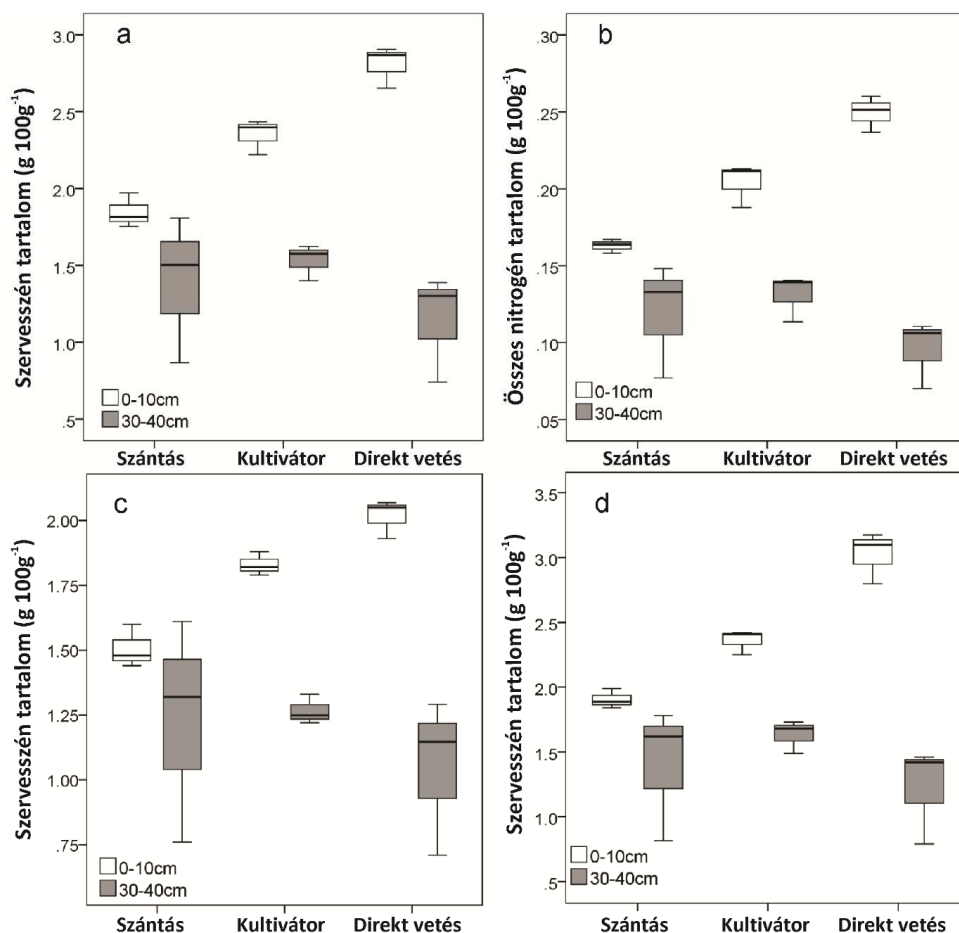
A mezősi talajon az összes vizsgált szerves anyag tulajdonság csak a mélységek és raktárak tekintetében különbözött, a művelésmódnak nem volt kimutatható hatása a szerves anyag összetételére (1. táblázat). A mélység szerinti szegregáció – többek között – a felszín feletti (szár, levél) és a felszín alatti (gyökér) biomassza eltérő kémiai összetételéből, és következésképp ezek eltérő lebomlási módjából fakadhat. A területen alkalmazott vetésváltás miatt a talajba kerülő növényi maradványok kémiai összetétele évente jelentősen változik (pl. pillangósok vs. kukorica) ami sokkal nagyobb varianciát okoz, mint a művelésmódok hatása.

1. táblázat A mélység (0–10 cm vs. 30–40 cm), szervesanyag-készlet (aggregátumokban tárolt vs. ásványi fázishoz kötött) és művelésmód (direkt vetés, mélykultivátorozás, szántás) egyedi és kombinált hatása a talaj szervesszén és nitrogén tartalmára valamint szerves anyag összetételére (F értékek, p<0.05 félkövér) TOC: szervesszén tartalom; TN: összes nitrogén; C/N> szén nitrogén arány; H/C: hidrogén szén arány; C/O: szén oxigén funkciós csoport arány.

Függő változó	TOC	TN	C/N	H/C	Éter	Fenolos lignin	Amid N	C/O	Aromás-ság
<i>Mélység</i>	<b>90,6</b>	<b>136</b>	<b>20,6</b>	<b>36,8</b>	<b>35,9</b>	<b>12,9</b>	<b>27,3</b>	<b>41,9</b>	<b>149</b>
<i>Készlet</i>	<b>27,3</b>	<b>16,7</b>	<b>14,4</b>	<b>28,0</b>	<b>129</b>	<b>39,3</b>	<b>72,9</b>	<b>165</b>	<b>106</b>
<i>Művelés</i>	<b>5,30</b>	<b>5,98</b>	,206	,278	,111	3,05	,980	,367	,627
<i>Mélység × Készlet</i>	<b>5,78</b>	4,09	,590	,303	<b>7,90</b>	,110	4,12	2,98	<b>10,2</b>
<i>Mélység × Művelés</i>	<b>12,4</b>	<b>17,6</b>	1,27	3,68	<b>9,09</b>	<b>4,00</b>	<b>6,50</b>	<b>10,7</b>	<b>32,8</b>
<i>Készlet × Művelés</i>	1,08	1,43	,890	,409	2,30	1,49	2,15	<b>4,06</b>	<b>5,60</b>
<i>Mélység × Készlet × Művelés</i>	1,60	1,95	,340	,653	2,17	2,71	<b>5,06</b>	1,11	<b>7,68</b>

5. A kímélő talajművelés hazai klimatikus viszonyok között nem csak a talaj mobil szervesanyag-készletében okoz növekedést, hanem az ásványi fázishoz kötött stabil készletben is. E stabil készlet növekedése mind savanyú, erdőtalajon, mind bázistelített mezőségi talajon kifejezett.

Az irodalmi adatok zöme a kímélő művelés hatására talajba kerülő többlet szerves anyagot a mobil, csak fizikailag kötött készlethez tartozónak, jellemzően szerves törmeléknek írja le. E készlet az időbeli változékonyságáról ismert, vagyis a talaj hosszú távú, stabil szervesszén készletének a hagyományos felfogás szerint nem része. Vagyis a művelésmód váltás okozta növekmény sem okoz hosszú távú hatást. Ezzel szemben, mindkét, a hazai mezőgazdaság szempontjából meghatározó talajtípuson egyértelmű növekedést találtunk a stabil készletben már tizenöt éves időtávon is. Vagyis a kímélő művelés már rövid távon is stabilizálja a talajba kerülő szerves anyagot, ezzel érdemben képes javítani a talajtulajdonságokat és a termésbiztonságot (6. ábra).



6. ábra A teljes talaj szervesszén (a) és összes nitrogén (b) tartalmának valamint az ásványi fázishoz kötött, stabil szervesanyag-készlet (c) és az aggregátumokban tárolt, mobil szervesanyag-készlet (d) szervesszén tartalmának alakulása különböző művelésmódok alatt a felszíni és altalaj rétegekben.



6. Egy cubist alapú pedotranszfer függvény segítségével országos léptékben határoztam meg a feltalaj potenciális szervesszén tároló képességét.

A megközelítés alapján a folyamatosan erdővel borított talaj praktikusán szerves szénben telített. A Talajinformációs Monitoring rendszer erdő borítású szelvényeinek feltalajait referenciaként felhasználva alkottuk meg a cubist alapú pedotranszfer függvényt, mellyel számszerűsíthető, hogy hazánk feltalajában maximálisan mennyi szerves szén lehet eltárolni. Magyarországon a talajtulajdonságok (mint textúra és pH) mellett a környezeti tényezők mint a domborzat (lejtés, tengerszint feletti magasság, és a topográfiai pozíció) vagy a klimatikus viszonyok (éves középhőmérséklet, evaporáció) is hatnak a feltalaj szerves szén tároló képességére (7. ábra).

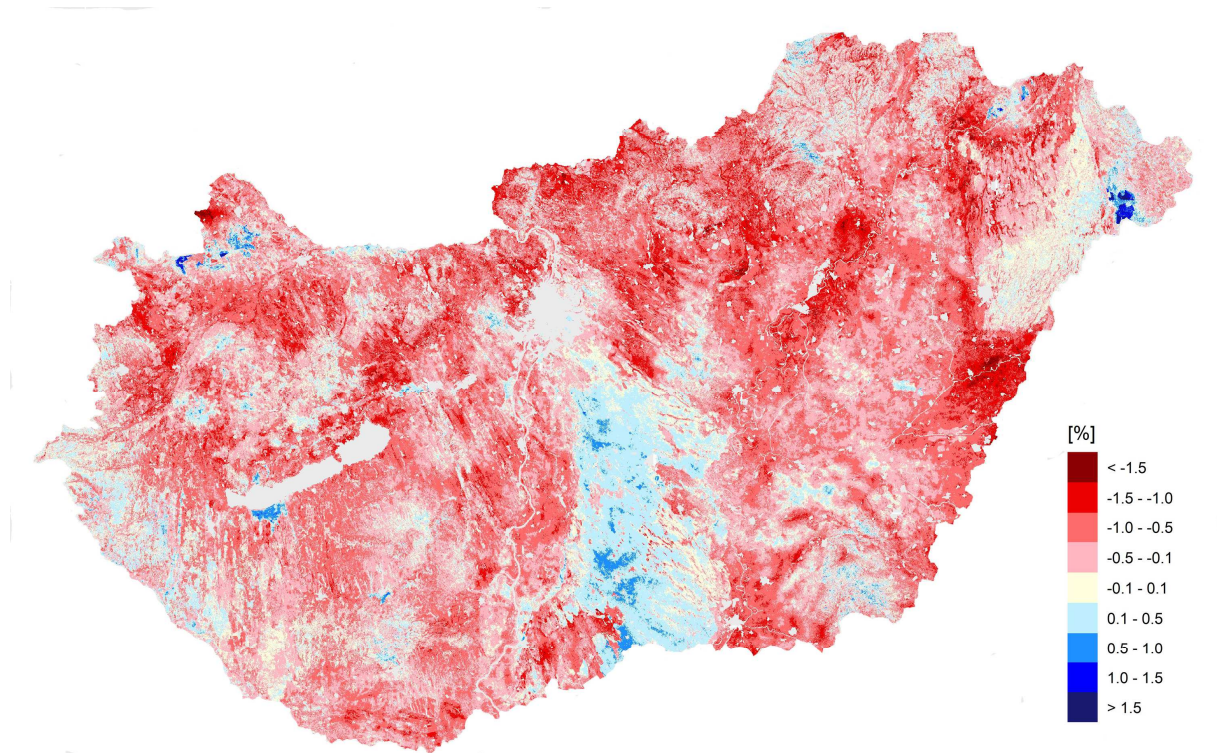


7. ábra Magyarország feltalajában (0–30 cm) maximálisan eltárolható szervesszén mennyiség cubist alapú pedotranszfer függvény alapján. A települések és a nyílt vízfelületek üresen maradtak.

7. A legnagyobb lekötetlen szervesszén tároló kapacitás a jelenleg közepes vagy magas szervesszén tartalmú feltalajokban található.

A fenti, maximálisan eltárolható szervesszén tartalom térképet a pillanatnyi szervesszén tartalom adatbázissal összevetve meghatároztuk a telítettség mértékét és területi eloszlását. A becslés 100 m felbontásban tág határok közötti telítetlenséget mutat, melyek területileg is értelmezhetőek (8. ábra). Az eredmények alapján az ország területének 80%-a telítetlen, vagyis a feltalajban tárolt stabil szerves anyag mennyisége érdemben növelhető hazánk területének több mint felén. A legnagyobb növekedést nem a csekély szervesanyag tartalmú talajokon, hanem a már jelen pillanatban is közepes vagy magas ellátottságú területeken várhatjuk mert e területeknek a szervesszén raktározó kapacitása jóval nagyobb, mint a szervesanyagban telített sovány homoktalajoké, melyek már jelenleg is kapacitásuk felső határán állnak. Így a kímélő

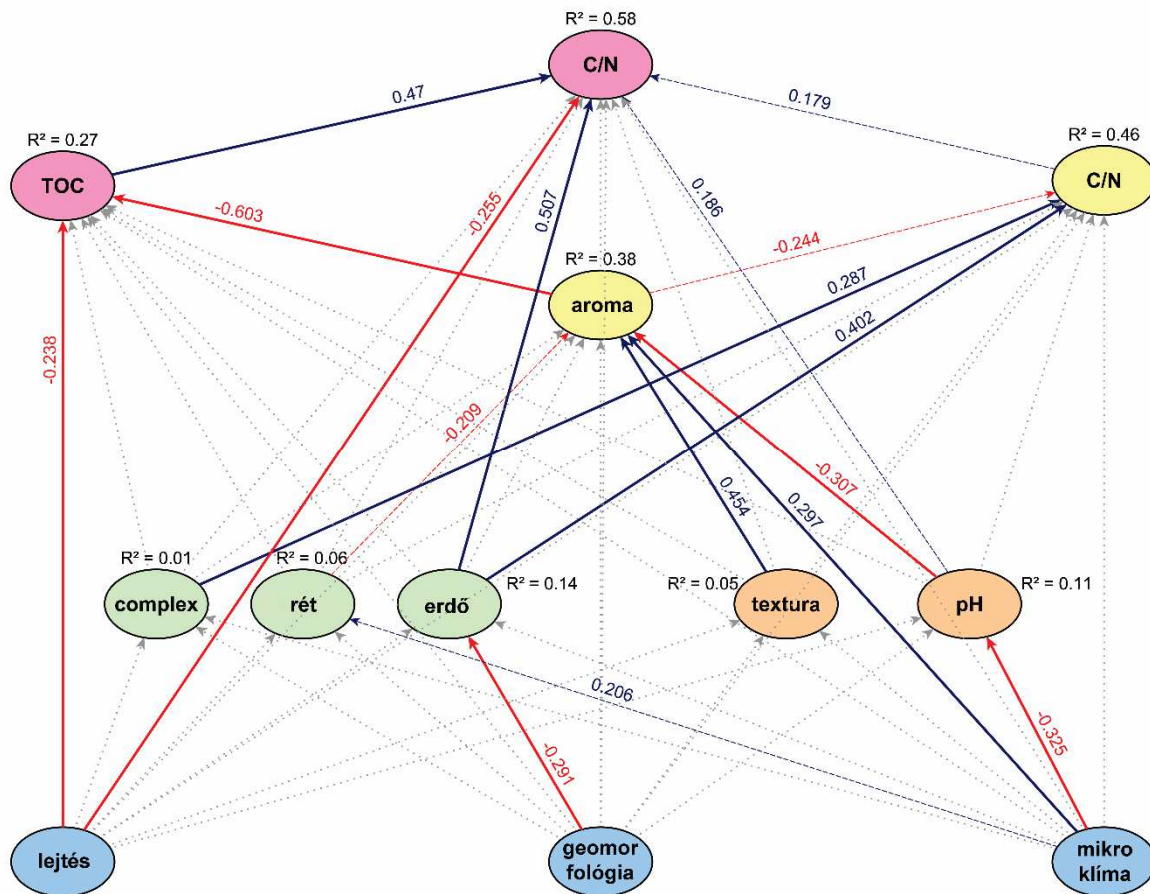
mezőgazdasági művelés alkalmazásával és a talajegészség minél hatékonyabb megtartásával és növelésével e magasabb szervesanyag-tartalmú területekre érdemes koncentrálni. Tekintve, hogy e területek jelentős része egybevág az élelmiszer termelés szempontjából legértékesebb szántó területekkel, a szervesszén tartalom növelése és ezáltal a várható időjárási és egyéb szélsőségekkel szembeni ellenálló képességük növelése alapvető feladat.



8. ábra Magyarország feltalajának szervesszén telítetlensége százalékban. A pozitív értékek túltelített talajokat, a negatívak szervesszén hiányt jelölnek.

8. Országos léptékben a stabilan, az ásványokon kötött, szervesanyag mennyisége nem csak finom frakció arányától függ. A szervesanyag koncentrációja e finom ásványi frakcióban is széles skálán változik.

A talaj stabil szervesanyag-készlete az agyag és iszap frakció ásványaihoz kötődik. Ugyanakkor, hogy e finom frakció milyen koncentrációban tartalmaz szerves anyagot az – eredményeink alapján, hazánkban – leginkább a teljes talaj szerves anyag átalakultságának (aromásságának) és a felszín lejtésének függvénye, melyek sokkal inkább hatnak, mint a területhasználat, klimatikus viszonyok vagy a talajtulajdonságok. A területhasználat a talaj szerves anyagának elemösszetételére hat, ezzel hangsúlyozva az eltérő növényzet (pl. fák, lágyszárúak, gabonák) eltérő kémiai összetételének hosszú távú hatását. Az aromasság ezzel szemben inkább a talaj és a klimatikus adottságok függvénye. E tulajdonságok határozzák meg a biológiai aktivitást és ezen keresztül a szerves anyag lebontásának/átalakulásának fokát. Ez utóbbi a finom frakció arányával és a talaj pH-jának csökkenésével növekszik (9. ábra).



9. ábra A piecewise structural equation model eredményei. A terjedelem sztenderdizált koefficiensek értékei a nyilak fölött jelennek meg ha a kapcsolat szignifikáns az  $\alpha=0,05$  szinten (folytonos vonal) vagy marginálisan szignifikáns ( $0,05 < \alpha < 0,1$ ; szaggatott vonal). A kék és piros vonal színek a kapcsolat pozitív ill. negatív voltát jelölik, míg a nem szignifikáns kapcsolatokat szürke pontozott nyilak jelzik. Az ellipszisekhez kapcsolódó R<sup>2</sup> értékek a lineáris modell jóságát számszerűsítik azaz, hogy a beérkező nyilak (változók) mennyiben határozzák meg a vizsgált változó értékét. A kék ellipszisek a dimenzió csökkentett környezeti változókat (PC<sub>K</sub>1–3) jelölik. A barna ellipszisek a dimenzió csökkentett talaj változókat (PC<sub>T</sub>1–2) jelölik. A zöld ellipszisek a szántóhoz viszonyított területhasználatot jelentik. A sárga ellipszisek a teljes talaj szerves anyagának tulajdonságait, míg a rózsaszínek az ásványi fázishoz kötött szerves anyag tulajdonságait írják le. aroma=aromasság, TOC=összes szerveszén tartalom, complex=komplex művelés

## A DOLGOZAT TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT FONTOSABB PUBLIKÁCIÓK

- Centeri, Cs; Jakab, G; Szalai, Z; Madarász, B; Sisák, I; Csepinszky, B; Bíró, Zs. 2011. Rainfall simulation studies in Hungary. In: Fournier, A J (szerk.). New York, Amerikai Egyesült Államok, Basel, Svájc : Nova Science Publishers, p. 276., pp. 177-218.
- Centeri, Cs; Barta, K; Jakab, G; Szalai, Z; Bíró, Zs. 2009. Comparison of EUROSEM, WEPP, and MEDRUSH model calculations with measured runoff and soil-loss data from rainfall simulations in Hungary. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 172:6, 789-797.
- Jakab, G; Bede-Fazekas, Á; Vona, V; Madarász, B; Karlik, M; Zacháry, D; Filep, T; Dévény, Z; Centeri, Cs; Masoudi, M et al. 2024. Beyond land use: understanding variations in topsoil bulk versus recalcitrant organic matter. Catena, 244, Paper: 108232 , 10 p.

- Jakab, G., Madarász, B., Dévény, Z., Zacháry, D., Filep, T., Szalai, Z., 2023a. Varying soil organic matter composition differences between pools in acidic and calcareous soils. in: EGU23. Copernicus Meetings, Wien. <https://doi.org/10.5194/EGUSPHERE-EGU23-6280>
- Jakab, G.; Bíró, T.; Kovács, Z.; Papp, Á.; Sarawut, N.; Szalai, Z.; Madarász, B.; Szabó, Sz. 2019. Spatial analysis of changes and anomalies of intense rainfalls in Hungary, *Hungarian Geographical Bulletin* 68:3, 241-253.
- Jakab, G.; Filep, T.; Király, Cs.; Madarász, B.; Zacháry, D.; Ringer, M.; Vancsik, A.; Gáspár, L.; Szalai, Z. 2019. Differences in mineral phase associated soil organic matter composition due to varying tillage intensity. *Agronomy*, 9:11 Paper: 9110700
- Jakab, G.; Kiss, K.; Szalai, Z.; Zboray, N.; Németh, T.; Madarász, B. 2014. Soil organic carbon redistribution by erosion on arable fields. In: Hartemink, A; McSweeney, K (szerk.) *Soil carbon*. Cham, Németország : Springer-Verlag, p. 506, pp. 289-296.
- Jakab, G.; Madarász, B.; Masoudi, M.; Karlik, M.; Király, Cs.; Zacháry, D.; Filep, T.; Dekemati, I.; Centeri, Cs.; Al-Graiti, T et al. 2023. Soil organic matter gain by reduced tillage intensity : storage, pools, and chemical composition. *Soil & Tillage Research*, 226, Paper: 105584
- Jakab, G.; Németh, T.; Csepinszky, B.; Madarász, B.; Szalai, Z.; Kertész, Á. 2013. The influence of short term soil sealing and crusting on hydrology and erosion at Balaton Uplands, Hungary. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 8:1, 147-155.
- Jakab, G.; Szabó, J.; Szalai, Z.; Mészáros, E.; Madarász, B.; Centeri, Cs.; Szabó, B.; Németh, T.; Sipos, P. 2016. Changes in organic carbon concentration and organic matter compound of erosion-delivered soil aggregates. *Environmental Earth Sciences*, 75:2, 144-154.
- Jakab, G.; Vancsik, A.; Filep, T.; Madarász, B.; Zacháry, D.; Ringer, M.; Ujházy, N.; Szalai, Z. 2022. Soil organic matter characterisation using alkali and water extraction, and its relation to soil properties. *Geoderma Regional*, 28, Paper: e00469
- Kiss, K.; Szalai, Z.; Jakab, G.; Madarász, B.; Zboray, N. 2014. Characterization of soil organic substances by UV-Vis spectrophotometry in some soils of Hungary. In: Hartemink, A; McSweeney, K (szerk.) *Soil carbon*. Cham, Németország, Springer-Verlag, p. 506, pp. 127-136.
- Madarász, B.; Jakab, G.; Szalai, Z.; Juhos, K.; Kotroczó, Zs; Tóth, A; Ladányi, M. 2021. Long-term effects of conservation tillage on soil erosion in Central Europe: A random forest-based approach. *Soil & Tillage Research*, 209, Paper: 104959.
- Masoudi, M.; Centeri, Cs.; Karlik, M.; Jakab, G. 2023. Extracted samples and in situ soil investigations to assess the effects of different land use and tillage management practices on soil organic matter composition. *Land Degradation & Development*, 34:9, 2560-2572.
- Rieder, Á.; Madarász, B.; Szabó, JA; Zacháry, D; Vancsik, A; Ringer, M; Szalai, Z; Jakab, G. 2018. Soil organic matter alteration velocity due to land-use change : a case study under conservation agriculture, *Sustainability*, 10:4, Paper: 943.
- Szabó, B.; Szalai, Z.; Centeri, Cs.; Dobó, Zs; Jakab, G. 2014. Effects of land use types with different intensities on soil erosion, nutrient loss and other soil parameters. *Növénytermelés*, 63, 221-224.
- Szabó, J A; Király, Cs; Karlik, M; Tóth, A; Szalai, Z; Jakab, G. 2020. Rare earth oxide tracking coupled with 3D soil surface modelling: an opportunity to study small-scale soil redistribution. *Journal of Soils and Sediments*, 20:5, 2405-2417.
- Szabó, JA; Centeri, Cs; Keller, B; Hatvani, I G; Szalai, Z; Dobos, E; Jakab, G. 2020. The use of various rainfall simulators in the determination of the driving forces of changes in sediment concentration and clay enrichment. *Water*, 12:10, Paper: 2856.
- Szalai, Z; Balogh, J; Jakab, G. 2010. Erőziónövekedés változó klimatikus viszonyok között. *Klíma 21 Füzetek* 4:62 pp. 75-80.
- Szatmári, G; Pásztor, L; Laborczi, A; Illés, G; Bakacsi, Zs; Zacháry, D; Filep, T; Szalai, Z; Jakab, G. 2023. Countrywide mapping and assessment of organic carbon saturation in the topsoil using machine learning-based pedotransfer function with uncertainty propagation. *Catena*, 227, Paper: 107086.
- Szűcs, P Csepinszky, B Sisák, I; Jakab, G. 2006. Rainfall simulation in wheat culture at harvest. *Cereal Research Communications*, 34:1, 81-84.