

HIVATALOS BÍRÁLAT

Jakab Gergely

A szerves anyag tér- és időbeli változása Magyarország feltalajában

című MTA doktori értekezéséről

AZ ÉRTEKEZÉS FORMAI KIVITELEZÉSE, FELÉPÍTÉSE, STÍLUSA, ADATAI

A benyújtott értekezés 7 fő fejezetből áll. Az első öt decimális számozással tagolt fejezete 91 oldal terjedelmű szöveges részből áll. A 6. fejezet egy oldal terjedelmű köszönetnyilvánítás, amit az irodalomjegyzék követ, melyben 283 szakirodalmi forrásra hivatkozik a szerző. A dolgozat mellékleteket nem tartalmaz. Az értekezés irodalomjegyzékében a saját kutatási eredményeit ismertető publikációk száma 22, ebből 9 első szerzős, 3 utolsó szerzős, 10 egyéb.

A dolgozat alábbiakban megadott fő fejezetei a tartalommal arányos, jól áttekinthető tagolást mutatnak (szükség szerinti további decimális tagolásokkal).

1. Bevezetés, célkitűzések..... (2 oldal)

2. Irodalmi áttekintés (14 oldal)

3. Az elvégzett vizsgálatok módszertana ... (24 oldal)

4. Eredmények (50 oldal)

5. Összefoglalás (3 oldal)

Köszönetnyilvánítás (1 oldal)

Irodalom (24 oldal)

A dolgozat stílusa és megfogalmazása általában világos, értelemzavaró elírások és gépelési hibák viszonylag ritkán, központozási hibák (főként a vessző hiányok) annál sűrűbben fordulnak elő benne. Az ábrák és táblázatok jól szerkesztettek, feliratozásuk megfelelő, azonban több esetben angol vagy vegyesen magyar és angol nyelvűek, ami a magyar nyelvű doktori dolgozatban zavaró lehet. A dolgozat megértését nagyban segítette volna továbbá az előforduló betűszók és rövidítések jegyzékének beillesztése.

Mivel a dolgozatnak nem része a tudományos tézisek összefoglalása, a csatolt tézisfüzet a dolgozat szerves részének tekintendő. Ez 12 oldal terjedelmű, a „Bevezetés”, „Célkitűzés” és „Módszertan” c. fejezetek után 8 pontban ismertette az értekezés téziseit. A tézisek bemutatásához 9 ábrát és egy táblázatot csatolt az értekezéséből. A tézisfüzet végén helyezte el a Jelölt a dolgozat témakörében megjelent fontosabb publikációk listáját. A tézisfüzet tartalma lényegre törő, formája kifejezetten tetszetős.

Összességében megállapítható, hogy a dolgozat és a tézisfüzet formailag megfelel az MTA doktori értekezéstől elvárt követelményeknek.

PROBLÉMAFELVETÉS, CÉLKITŰZÉSEK, ELŐZMÉNYEK (1. fejezet)

A talaj Magyarország egyik legfontosabb természeti erőforrása, amely nemcsak az élelmiszer-termelésben játszik kulcsszerepet, hanem pl. a csapadékvíz és a tápanyagok tárolásában, valamint a szennyezőanyagok szűrésében és lebontásában is. A természeti eredetű hatások és az emberi tevékenység egyre nagyobb mértékben rontják összetételét, szerkezetét és korlátozzák funkcióit, ami az élelmiszerbiztonságot is veszélyezteti.

Napjainkban az egyre növekvő intenzitású csapadékok eróziót és tápanyagvesztést okoznak, míg a hosszabb vízhiány aszályhoz vezet. Egyre nagyobb területeken jelentkezik a víztöbblet és aszály váltakozása, amely sürgeti a talaj vízháztartásának javítását. A hosszú távú megoldás egyik kulcsa a talaj szervesanyag-készletének helyreállítása, amely akár egyszerre is javíthatja a vízmegtartó képességet, a pufferkapacitást és a termékenységet.

A fenntartható talajgazdálkodás érdekében kiemelten fontos a természetes vegetáció – például erdők vagy gyepek – fenntartása, valamint a művelt területeken a talajbolygatás csökkentése és a növényi maradványok visszapótlása. Mindez mérsékli a talaj szerves anyagának lebomlási folyamatait és hosszú távon hozzájárul a számunkra fontos talajfunkciók fenntartásához.

Bár e módszereket egyre szélesebb körben alkalmazzák, további kutatások szükségesek annak megállapítására, hogy a nemzetközi eredmények milyen mértékben adaptálhatók Magyarország specifikus talajtani és klimatikus viszonyaihoz.

Az utóbbi években a talaj humuszanyagának kutatása világszerte felgyorsult, amelyet elsősorban az új vizsgálati módszerek fejlődése és alkalmazása tett lehetővé. Ezek a korszerű analitikai eljárások nemcsak pontosabb és részletesebb képet adnak a humuszanyagok szerkezetéről és funkcióiról, hanem új szemléletmódokat is eredményeztek, amelyek hozzájárulnak a talajtani folyamatok mélyebb megértéséhez.

A fentiek alapján a dolgozat tárgyát képező, a talaj szerves anyag kutatásával kapcsolatos vizsgálatok fontosak és hiánypótlóak, mivel olyan szempontokat tárnak fel, amelyek hazánkban eddig kevés figyelmet kaptak; olyan kérdésekre is választ keresnek, amelyek gyakorlati szempontból is nagy jelentőségűek.

Jelölt a dolgozatban a talaj degradációjával kapcsolatos kutatásainak egy részét kívánta bemutatni, melynek során az alábbi kérdésekre kereste a választ:

- Milyen mechanizmusok alapján stabilizálódik a talajba kerülő friss szerves anyag?
- Hogyan befolyásolják az egyes talajtulajdonságok a stabilizációs lehetőségeket?
- Az eltérő stabilitású humuszformák mutatnak-e különbségeket a megkötött szerves anyag kémiai összetételében?
- Hogyan befolyásolja mindezt a talaj típusa?
- A talaj szerves anyag tartalmával összefüggésben a talaj vízbefogadó képessége miként változik a vegetációs periódus során?
- Mekkora hazánk talajtakarójában a maximálisan eltárolható szerves anyag mennyisége és ez milyen területi heterogenitással bír?
- Melyek azok a területek, melyeken a feltalajban a legkisebb befektetéssel a legnagyobb szerves anyag növekményt tudjuk elérni?
- Mely tényezők hatnak leginkább a feltalaj pillanatnyi, stabilan kötött szerves anyag tartalmára?

A Jelölt a témaválasztása során abból a tényből indult ki, hogy a Magyarországon a két leggyakrabban előforduló talaj főtípus a csernozjom vagy mezőszégi talajok (termőterületek 22%-a) és a barna erdőtalajok (a mezőgazdasági területek közel 34%-a), ezért esettanulmányainak helyszíneit is ennek megfelelően választotta meg (Szentgyörgyvár: agyagbemosódásos barna erdőtalaj és Hatvanpuszta - Józsefmajor: mészlepedékes csernozjom talaj). Ezeknek a vizsgálatoknak az eredményeit általánosítva ezután országos léptékben vizsgálta a talaj szerves anyagának mennyiségét és összetételét.

SAKIRODALOM ÁTTEKINTÉSE (2. fejezet)

Jelölt a kutatási témához kapcsolódó szakirodalmak áttekintésének egy sajátos, kissé szokatlan módját választotta.

A 2. fejezetben közölt irodalmi áttekintés egy, a témával foglalkozó, igazán jól megírt szakkönyvnek vagy akár tankönyvnek is tekinthető. Általános ismereteket logikus sorrendben átadó (nem túl sok irodalmi hivatkozást tartalmazó) fejezetekkel (mint pl. „A talaj és talajegészség”, „A talaj degradációja”, „Megváltozó környezeti feltételek és a talaj”, „A változó klimatikus hatások” vagy éppen „A talajkímélő mezőgazdaság”) és kicsit a szerves anyag problémakörbe az olvasót mélyebben bevezető, az aktuális kutatási trendeket ismertető alfejezetekkel (mint pl. „A talaj aktuális szervesanyag-tartalma”, „A talajban maximálisan eltárolható szerves anyag mennyisége”, „A talaj szerves anyagának összetétele”).

Ugyanakkor - főként a szerves anyag kutatással kapcsolatos - szakirodalmak jelentős részével nem az irodalmi fejezetben találkozunk először, hanem a „... az irodalmi adatok tükrében” c. alfejezetekben az eredmények ismertetésekor. Itt viszont már a saját adataival összevetve találkozunk a Jelölt kutatási eredményeit igazoló vagy cáfoló szakirodalmi adatokkal. Van ennek előnye is (helykímélés és az irodalmi fejezet olvashatósága), de hátránya is, hiszen a szakirodalmak egy-egy irodalmi alfejezetbe történő szintetizáló beépítése teljesebb képet adhatna a szerves anyag kutatás jelenlegi állásáról.

A szakirodalmi hivatkozások pontosak, precízek.

Megjegyzések, kérdések a fejezethez:

11. oldal: „Következésképpen a legmagasabb mért értékek használata az elméleti telítettség meghatározására a mai napig alapvetés.” - Kérdés, hogy jók-e ezek a legmagasabb mért értékek? Nincsenek-e mérési/előkészítési stb. hibákkal terhelve és ezek hogyan szűrhetők ki?
12. oldal: „... a humusz jellegű makromolekulák az extrakció hatására jönnek létre, a talajban, in situ módon nem tudták őket kimutatni. Azaz a talajosodott szerves anyagot (humuszt) sokkal inkább egyszerű biomolekulaként kellene kezelnünk” - Ezen mit ért pontosan? A „biomolekulák” a definíció szerint szénhidrátok, lipidek, fehérjék, nukleinsavak, vízmolekulák és vannak köztük makromolekulák. Akkor a citált szerzők teljesen elvetik a talajban lejátszódó nagyobb biomolekula lebontást és a másodlagos polimerizációs, polikondenzációs folyamatok lehetőségét? **Hogyan tudják ezeket kizárni?** Nemcsak arról van szó csupán, hogy egyelőre a jelenlegi mérési módszerekkel nem tudják kimérni ezeket „in-situ”, csupán a kötéstípusokat, funkciók csoportokat stb. pl. az FTIR vagy az NMR technikával?
14. oldal: A talajdegradációs folyamatok felsorolásában nem említi a talajszennyezést, amely kémiai, fizikai és biológiai következményekkel is járhat. Általában megemlíthető, hogy a degradációs folyamatok nem elkülönülten léteznek, hanem egymásra is hatnak (ok-okozati kapcsolat). Milyen hatással lehetnek a különféle talajszennyezők a talaj szerves anyag tartalmára?
15. oldal: A 2. ábra alapján csak a kímélő művelés mellett stabilizálódik egy új, alacsonyabb szinten a szerves anyag tartalom a talajban. Így van ez? Vagy beállhat egyéb művelési mód mellett is valamilyen egyensúlyi állapot? És mit jelent a névtelen szaggatott vonal emelkedése az ábrán? Az is valamilyen művelésmód? Gyepesítés pl.?

15. oldal: A talajdegradációs folyamatok tárgyalása során a **talaj szerkezetességéről**, illetve annak a humuszanyagokkal és egyéb talajalkotókkal való kapcsolatáról szóló fejezet rész irodalmi feldolgozása elég szűkszavú. A téma fontosságára való tekintettel ez lehetne talán hosszabb, több irodalmi forrást összevető.
19. oldal: A csökkentett intenzitású művelésnél arról ír, hogy „**A témában publikált esettanulmányok száma jelentős, többségüket azonban savanyú talajon mérték, a karbonátos talajokon végzett vizsgálatok száma alacsonyabb.**” - Itt hiányoznak a savanyú és meszes talajokra vonatkozó esettanulmányokra történő hivatkozások! Általában is kevésnek érzem az ebben a fejezetben feldolgozott szakirodalmat ahhoz képest, hogy az eredmények szempontjából ez egy lényeges fejezet!

ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK (3. fejezet)

3.1. Az esettanulmányok vizsgálati területeinek bemutatása

Két művelési tartamkísérlet (Szentgyörgyvári Kísérleti Állomás - ABET [2003-ban indult kísérlet] és Hatvanpuszta-Józsefmajori Kísérleti Állomás - Mészlepedés keszernő [2002-ben indult kísérlet]) területéről származó talajmintákon végezte el a Jelölt a vizsgálatait. A szentgyörgyvári kísérletekhez Jelölt pályája kezdetétől kapcsolódott eróziós vizsgálataival. A kísérlet parcelláinak talajai alkalmasak a szántás alapú és kímélő (szántás nélküli) talajművelési rendszerek hatásainak összehasonlítására. A parcellák aljában egy egyedi fejlesztésű felszíni lefolyás és talajvesztesség összegyűjtő rendszer segítségével pontosan mérhető és mintázható a parcellákról lemosott eróziós hordalék széles tartományban. A józsefmajori kísérlet esetében a Jelölt az eredeti hat művelésmódból hármat (szántás, mélykultivátorozás, direkt vetés) választott ki vizsgálatainak számára.

Megjegyzések, kérdések a fejezethez:

22. és 23. oldal: Az 1. és 2. táblázatban a szemcsefrakció (nem textúra!) adatokat térfogatszázalékban adta meg. Biztos, hogy tf %-ban szerepelnek az agyag, iszap (és nem vályog, ahogy a 2. táblázatban szerepel) és homok % értékek? 2002-es és 2003-as adatokról van szó, azokat nem valószínű, hogy akkor lézerdiffrakciós módszerrel mérték... Vagy archív talajmintákat mértek a jelenlegi műszerparkkal?

3.2. Talajmintavétel országos léptékben

Jelölt az esettanulmányok mellett országos léptékben is végzett vizsgálatokat a feltalaj szerveszén tartalmának leírására. Összesen 640 mintavételi pontból történt talajminta vétel az ország feltalajának reprezentatív mintázására. A gyűjtött minták SOC tartalma alapján 87 mintára szűkítették a talajminta adatbázist (57 intenzív szántóföldi, 15 kertészeti kultúra, 11 erdő és 4 gyepek).

3.2.1. A talajminták frakcionálása

A fejezet a talaj szervesanyag-készleteit szétválasztó módszertan leírását tartalmazza. A dolgozat szerint az eljárást eredetileg Zimmermann et al. (2007) fejlesztette ki, majd Poeplau et al. (2013) fejlesztette tovább. Az egyes frakciókat/készleteket/raktárakat (a dolgozatban mindhárom szinonima előfordul) fizikai és kémiai módszerekkel választották szét. Ez az egyik legfontosabb fejezet a módszertani részben, hiszen később a dolgozat eredményei szempontjából fontos az egyes szervesanyag készletek pontos definiálása.

Megjegyzések, kérdések a fejezethez:

Én ezt a fejezetet inkább a 3.3. fejezeten (Az alkalmazott analitikai módszerek ismertetése) belül helyeztem volna el valahová... és nem a „Talajmintavétel országos léptékben” c. 3.2. fejezetben. Ez a

fejezet már vizsgálatokat tartalmaz és nem csak az országos mintavételre vonatkozóan, mint ahogy a fejezetszámozásból erre következtetni lehetne. Más fejezetszámot adnék, hiszen a frakcionálás - mint kiderül - a tartamkísérletekről is szól, ezekre is vonatkozik!

Próbáltam tájékozódni a Zimmermann et al. és a Poeplau et al. -féle frakció elválasztásokkal kapcsolatban, de a dolgozatban (szövegesen és ábrán is) bemutatott módszerrel pontos egyezést nem találtam. A fenti szerzőknél az az ultrahangozás nem ugyanott, ugyanabban a lépcsőben található, mint a Jelölt esetében. Lehet ennek módszertani oka, de akkor le kellene írni, hogy mit miért változtattak!

26. oldal: A Jelölt által leírt módszertan esetében a 63 μm -es szitával történő nedves szitálás előtt történt az ultrahang kezelés. Így viszont a 63 μm -nél nagyobb frakció **az UH-nak is ellenálló és vízben STABIL aggregátumok** mennyisége, egy nagyon stabil aggregátum frakció (nem általában az aggregátum frakció...). Ráadásul nincs leírva semmilyen óvatos előnedvesítés, ami a csernozjomoknál jelentős "szétrobbanást" is eredményezhetett a gyors nedvesítés hatására! Javasolom, hogy a későbbiekben ekként értékelje a szétválasztott aggregátum frakciót! A 63 μm -nél kisebb frakció lehet ugyanakkor kisméretű stabil aggregátum is, nemcsak agyag és por elemi részecske... Itt is lehetnek ugyanakkor mikroaggregátumokba bezárt szénformák (nemcsak kémiai kötések elképzelhetők).

27. oldal: A >63 μm frakciót a frakció sűrűsége (és nem térfogattömege!) alapján osztályozták tovább. Jelölt a dolgozatban azt írja: „A „nehéz” részecskék jellemzően a **homok** méretű ásványos szemcsék, míg a **könnyebb** részecskék jellemzően **aggregátumok** több-kevesebb addicionálisan körbezárt szerves anyaggal vagy akár szabad, ásványi fázistól független szerves törmelék (POM) részecskék.” - A nehéz részecskék a homok részecskék + a POM-ot nem vagy keveset tartalmazó, a **szétválasztó folyadékknál nehezebb stabil aggregátumok** (ezért is nem mindegy, hogy mennyi a sűrűsége a szétválasztó folyadékknak...). A mondat második feléből az derül ki, hogy a könnyebb frakciók az aggregátumok és a POM. Az **5. ábra viszont nem ezt mutatja...**! Ott az aggregátumok a nehéz frakcióba tartoznak.

27. oldal: Jelölt az aggregátumokba zárt szerves anyagról azt írja, hogy az „**csak fizikailag védett, az aggregátumok szétesését követően azonnal hozzáférhető és lebontható a mikroorganizmusok számára**”. - Ez így egyáltalán nem biztos: lehet, hogy a széteséssel keletkező kisebb mikroaggregátumokba lesz bezárva, de lehet, hogy a szétesés után a szervesetlen komponensekkel kötésben lévő szerves anyag készlet.

27-28. oldal: Jelölt a dolgozatban azt írja, hogy a POM elválasztására egyre gyakrabban használnak nagy sűrűségű folyadékok helyett desztillált vizet és tapasztalataik szerint is ez megfelelő, mert „**nem eredményezett olyan mennyiségű szerves törmeléket a mintákban mely érdemben befolyásolta volna a teljes talaj tulajdonságait**” - Azt elfogadom, hogy a szerves törmelék elválasztására a desztillált víz biztosan megfelelő, viszont **azt a szerves törmelék mennyiséget, ami a stabil, még megmaradt aggregátumokba épült be és kibővítette a sűrűségüket**, így nem kaptuk meg, így belemértük az ásványi frakcióba... És ebben az esetben igaz lesz az 5. ábra: valóban együtt fog ülepedni az aggregátum és a homok, mint nehéz frakció... A leírtak szerint ezt az elválasztást CSAK a józsefmajori szelvényénél alkalmazták?

28. oldal: Az olvasó számára kicsit zavaró, hogy a szövegben a **stabil készleten belül** szerepel a **tartós szerves anyag**, míg az 5. ábrán **stabil és labilis** elnevezés szerepel... Az elnevezéseket nem mindig szinkronizálta a Jelölt, ami kicsit zavaró lehet. Az 1. egyenlet az AAOcnet (aggregátumokon belül ténylegesen fizikailag stabilizált készletek) számítási módját mutatja. Kérdésem, hogy a MPAOC tartalmat hogyan határozták meg?

3.3. Az alkalmazott analitikai módszerek ismertetése

Jelölt a következő nagy módszertani fejezetben ismerteti az általa alkalmazott analitikai módszereket. A műszeres analitika alkalmazása során rendelkezésére álltak a hazánkban elérhető legmodernebb mérés technikák (elemanalizátorok, különböző lézeres szemcseanalizátorok, FTIR, spektrofotométer és spektrofluoro-fotométer). Alfejezetekben bemutatja ezen felül a talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak vizsgálatára és a szerkezetvizsgálatára alkalmazott módszertant (Vér-féle vízgazdálkodási mérések, nedves szitálásos makroaggregátum stabilitás vizsgálatok), a talaj szerves anyagának vizes kioldásának és alkalikus extrakciójának módszerét, a szentgyörgyvári kísérletekben alkalmazott In-situ biológiai vizsgálatokat (gilisztavizsgálatok, mikrobiális aktivitás mérések). A vizsgálatokból kitűnik, hogy Jelölt (és az irányítása alatt dolgozó munkatársak) hatalmas mennyiségű mérést végeztek, melynek eredményeit értékelni, szintetizálni már önmagában is nagy kihívás.

Megjegyzések, kérdések a fejezethez:

29. oldal: Mivel a megszokottól, a hazai MSZ szabványtól eltérően a **Vér-féle mérés technikát** alkalmazták, jó lett volna itt leírni, hogy pontosan milyen módon történt a differenciált porozitás meghatározása, illetve milyen póruster határokat alkalmaztak!
29. oldal: Jelölt azt írja, hogy az aggregátumok vízzel szembeni stabilitásának megítélésére a **Zimmermann-féle** frakcionáció is információval szolgálhat. Igen, de a dolgozatban leírt módszertan szerint a $>63 \mu\text{m}$ frakció az UH-nak ellenálló aggregátumokat ($>63 \mu\text{m}$) (és a homokfrakciót) tartalmazza, azt így kell figyelembe venni. A makroaggregátum mérések (Eijkelkamp) módszertanát is jó lett volna röviden leírni, kiemelve a módszertani „finomságokat” (volt-e pl. előnedvesítés, milyen módon?)
29. oldal: A szemcseösszetételt lézerdiffrakcióval kétféle eszközzel is mérték (Partica LA-950 V2, Horiba, Japan és Fritsch Analysette 22MicroTec Plus, Fritsch GmbH, Germany). Végeztek-e összemérést a kétféle műszer közt? A mi tapasztalataink szerint az LDM mérések eredményei nagyon műszerspecifikusak, a különböző műszerekkel mért PSD eredmények nem mindig összehasonlíthatóak. A lézerdiffrakciós mérések ismertetésénél hasznos lehet az UH erősségének és idejének vagy a keverési és áramoltatási sebességnek a leírása, az alkalmazott frakcióhatárok bemutatása stb.
30. oldal: Jelölt itt ismerteti az alifás, aromás, poliszacharidok, alifás C-H kötések és a fenolos lignin, amid nitrogén FTIR sávokat. Talán ezt a fejezetrész kellett volna itt kiegészíteni az FTIR spektrumokból kiolvasható (és a későbbiekben az eredmények fejezetben felhasznált) egyéb információk származtatásának leírásával (pl. **ásványi összetétel becslése** vagy az **oxidáltság foka**).
32. oldal: Jelölt itt azt írja: „A **szentgyörgyvári minták** esetében a hagyományos, alkalikus szervesanyag-extrakciót és a **vizes kivonást is alkalmaztuk.**” - Csak a szentgyörgyvári mintáknál alkalmaztak vizes extrakciót is?
33. oldal: Jelölt az extrahált szerves anyag összetételének meghatározása során említést tesz a csúcsintenzitásokból számolt indexekről, arányszámokról (A/T; A/C; (A+B)/(B+T)). Jó lett volna itt ezeknek az arányszámoknak a jelentéstartalmáról is írni valamit, mert pl. az számomra csak az 56. oldalon, az eredmények fejezetben derül ki, hogy az **A/C index az aromasság mértékét** számszerűsíti!

3.4. Az országos léptékű vizsgálatokhoz használt környezeti változók meghatározása

Jelölt az országos léptékű vizsgálataihoz számos környezeti segédváltozót (domborzati, klimatikus, területhasználati) alkalmazott, ezek forrásanyagait mutatja be ebben a fejezetben.

3.5. A mesterséges esőztetés módszertanának ismertetése

Az esőszimulátoros vizsgálatoknak a Földrajztudományi Kutatóintézetben kifejlesztett módszertanát, a vízbeszivárgás és talajvesztés in situ mérését mutatja be ebben a fejezetben a Jelölt, mely módszert - többek közt - a szentgyörgyvári kísérleteknél is sikerrel alkalmazta.

Megjegyzések, kérdések a fejezethez:

36. oldal: Szerintem (a leírtakkal ellentétben) az illesztett meredekség nem a tényleges beszivárgás sebességét adta meg, hanem a **mért tényleges lefolyás sebességét**.
37. oldal: A dolgozatban közölt 6. *egyenlet* (a Rose, 2004 forrás szerint) igaz, de nekünk nem a tényleges beszivárgásunk van meg a meredekségekből, hanem a tényleges lefolyási sebességünk. Ebből még le kell vonnunk a tényleges csapadékintenzitást (i_{cs}), akkor kapjuk meg az i_t értéket (ld. a 8. *egyenletet*, melynek az átrendezésével meghatározható a tényleges beszivárgás; jobb lett volna tehát, ha a 8. egyenletet Jelölt a 6. egyenlet előtt szerepelteti)! De azt is le lehetne írni, hogy ez csak bizonyos feltételek teljesülése mellett igaz (ld. a Rose könyv!) Ezzel a logikai lépéssel tehát ki kellene egészíteni a képletsort és inkább a Rose könyv 6.7. összefüggését kellett volna ideírni... Az i_e érték a Rose könyv megfogalmazása szerint inkább a "maximum possible value of the spatial mean infiltration", tehát az elméleti maximális vízáteresztési vagy beszivárgási sebesség.

3.6. A használt statisztikai módszerek bemutatása

A fejezet az alkalmazott statisztikai módszerek széles skáláját mutatja be, kezdve a boxplot ábráktól, a One-way ANOVA (Tukey) tesztekkel, a nem normális eloszlású adatsorok összehasonlítására szolgáló Mann-Whitney-féle tesztekkel vagy a Kruskal-Wallis tesztekkel a korrelációs mátrixokon és a többtényezős varianciaanalíziseken keresztül a főkomponens analízisig, illetve az országos léptékű vizsgálatokban használt pSEM („piecewise structural equation model”) vizsgálatokig.

3.7. Az országos talaj szerves szén telítettség meghatározásának módszertana

Az utolsó módszertani fejezetben végül az országos léptékű szerves szén vizsgálatok módszertanát ismertette a Jelölt. Bemutatta a referenciaként használt, telített talajok adatbázisát, mely a TIM adatbázis 183 erdő pontjának feltalaj (0-30 cm) mintáinak adatai alapján lett kialakítva. Ismertette a modellezéshez használt környezeti és talaj változókat (talaj, domborzat, klíma csoportosításban), illetve a gépi tanulási módszeren (cubist módszer) alapuló pedotranszfer függvények megalkotásának elméleti alapjait.

Megjegyzések, kérdések a fejezethez:

40. oldal: TIM rendszer ugyan ténylegesen 1992 óta gyűjt és tárol adatokat, teljes szelvényfeltárás csak 1992-ben volt.
- 41-42. oldal: Jelölt itt indokolja, hogy mely talajparaméterek miért kerültek be az elemzésekbe, ugyanakkor hiányoltam az indoklását annak, hogy a meglévő paraméterek közül néhányat **miért NEM** vettek bele a PTF fejlesztésekbe.
43. oldal: A *cubist* algoritmus ismertetésénél esetleg lehetett volna arról írni még, hogy a *cubist* hol helyezkedik el teljesítményében, használhatóságában a talajtanos gépi tanulós algoritmusok közt, illetve, hogy azt milyen környezetben futtatta.

Összefoglalva, a módszertani fejezetben egy szerteágazó módszertani ismertetést kaptunk. A vizsgálati módszerek széles köre eredményezhette néhol a módszertani pontatlanságokat a dolgozatban.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK (4. fejezet)

Az értekezés 4.1, 4.2., 4.3., 4.4. és 4.5. fejezetei további alfejezetekre tagolva, a szentgyörgyvári, józsefmajori és az országos léptékű kísérletek sorrendjében ismertette a Jelölt eredményeit. Az eredmények táblázatos és grafikus bemutatását általában korrekt statisztikai értékelés egészíti ki. Az egyes nagy fejezetek végén a „... az irodalmi adatok tükrében” alfejezetekben történik meg a kísérletek eredményeinek összevetése a szakirodalmi tapasztalatokkal. Az eredményeket a tézisfüzetben összefoglalt „Új tudományos eredmények” (tézispontok) szerint tagolva értékeltem a bírálóban. (A tézisekben nem tárgyalt eredményeket a bírálóban én sem tárgyalom.)

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

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

A nagyparcellás esőszimulátoros kísérletek során, különböző csapadékintenzitások mellett végzett mérések alapján lehetővé vált az adott talajállapothoz kapcsolódó tényleges, hatékony vízbefogadó képesség meghatározása. Fontos megállapítás, hogy ez a vízbefogadó kapacitás nem állandó, hanem a csapadék intenzitásának függvényében változó értéket mutat (1. ábra). Az így kapott, területi változatosságot is jól tükröző adatok alapvető jelentőséggel bírnak a hidrológiai modellek kialakításában és azok megbízható validálásában.

A vizsgálatok alapján a Jelölt igazolta, hogy a kímélő talajművelési gyakorlatok alkalmazása jelentősen mérsékli a lefolyó víz mennyiségét és az erózió intenzitását. Ez a kedvező hatás az év egészében megfigyelhető volt, függetlenül az aktuális talajállapottól. A talajvesztés tekintetében a legnagyobb eltérés a frissen művelt, magágy állapotú talajok esetében jelentkezett (2. ábra), míg a vízvisszatartó képesség különbsége a tarló állapotú területeken volt a legmarkánsabb. A kímélő művelésű területek tarlóállapotban olyan mértékben voltak képesek visszatartani a csapadékvizet, mint a hagyományosan szántott területek magágy állapotban (1. ábra). A megfigyelt jelenség hátterében egyrészt a talajszerkezet kedvező irányú átalakulása, másrészt a felszínen visszamaradó növényi maradványok vízvisszatartó hatása áll.

A tézis a dolgozat 4.2. fejezetében ismertetett eredményekhez kapcsolódik. A tézis a vizsgálati eredményekkel kellőképpen alátámasztott, a tézist önállóan elfogadom.

Megjegyzések, kérdések a fejezethez:

63. oldal: Azt gondolom, hogy fel lettek cserélve a számok a szövegben (10 és 18), a 17. ábra szerint a kímélő művelésnél haladnak együtt a görbék 18 mm/h-ig! A 12. táblázatban hivatkozott 1. egyenlet is elírás lehet, a 6. egyenletre gondolhatott a Jelölt.

64. oldal: Hasznos lett volna, ha a szerző leírja zárójelben a tolerálható talajvesztési küszöbértéket!

2. Ugyanezen a mintaterületen kimutattam, hogy a talaj vízzoldható és alkalikusan extrahálható szervesanyag-tartalmai nem egyformán reprezentálják a talaj egészének szerves anyagát.

A szentgyörgyvári agyagbemosódásos barna erdőtalaj kímélő művelésű és hagyományosan szántott parcelláiból származó minták vizsgálata alapján megállapítható volt, hogy a vízzoldható szervesanyag-tartalom szoros összefüggést mutat a talaj teljes szervesanyag-tartalmával (3. ábra). Ezzel szemben az alkalikus extrakcióval nyert szerves frakció esetében ez az összefüggés nem volt kimutatható. Mindezek alapján a vízzoldható szervesanyag-tartalom megbízhatóbb jelzője lehet a talaj összes szervesanyag-tartalmának, mint a lúgos kivonással meghatározott fulvósav-tartalom.

Az eltérő extrakciós eljárások nemcsak a vízdíszható szerves anyagok koncentrációjában, hanem azok kémiai összetételében is különbségeket mutattak. A vízdíszható szervesanyag-tartalom különösen alkalmas a művelésváltás következtében bekövetkező, friss talaj szervesanyag-változások nyomon követésére. Bár az összetétel részben tükrözi az aktuális mikrobiális aktivitást, a vízdíszható frakció egyszerűbb és gyorsabb kivonhatósága jelentős előnyt jelent a rutinanalízisek során. Fontos megállapítás, hogy a mikrobiológiai aktivitás mértéke nem különbözik számottevően a két művelési mód között, így a vízdíszható szervesanyag eltérései elsősorban nem a talaj mikrobiális közösségeinek különbségére vezethetők vissza. A kémelő művelés hatására a vízdíszható szervesanyagok komplexitása és aromás jellegük is növekszik, ami a szerves anyag magasabb átalakultsági fokára, azaz talajképződés előrehaladottabb állapotára utal a szántásos műveléssel szemben (4. ábra). Ebből következően a vízdíszható szervesanyag mennyisége és minősége ígértes indikátorai lehetnek a talajegészség állapotának, és potenciálisan alapul szolgálhatnak egy ehhez kapcsolódó támogatási rendszer kialakításához is.

A tézis a dolgozat 4.1.4. - 4.1.6. alfejezetében ismertetett eredményekhez kapcsolódik. A tézis a vizsgálati eredményekkel kellőképpen alátámasztott, a tézist önállóan elfogadom.

Megjegyzések, kérdések az alfejezetekhez:

53. oldal: A 9. táblázatban az „EOC* tartalom (mg L⁻¹)” rövidítésének a megfejtésével csak az ezután következő 16. ábra címében találkozunk majd, jó lett volna ezt itt is definiálni!
- 53- 54. oldal: Jelölt azt írta: „Az egyetlen kivétel az általános trend alól az E4/E6 index, mely az összes többi mutatóval ellentétben a szántó vízdíszható szerves anyagát jelezte jobban átalakultnak, humuszosodottnak.” - Szerintem a C/N arány is kivétel, nemcsak az E4/E6 index.
56. oldal: Jelölt itt utal az erdőtalajon végzett vizsgálatokra, melyekben az oldott szerves anyagok molekulaméretét direkt mérési módszerrel is meghatározták (Rieder et al., 2018)”. Pontosan milyen molekulaméret vizsgálatokra gondol?
57. oldal: A 15. ábra csak azt támasztja alá, hogy a teljes szervesszén tartalom erősen korrelált a vízdíszható szerves anyag fluoreszcens tulajdonságaival, de azt nem, hogy „az összefüggés a fulvósav frakció esetében kevésbé bizonyult erősnek”. Itt jó lett volna valami táblázatra vagy ábrára utalás, de legalább a korrelációk jelzése számszerűen...
59. oldal: A 16. ábrán bemutatott főkomponens analízis eredmények érthetőbbek lettek volna, ha nagy betűkkel jelöli a csúcsmagasságokat, úgy, ahogy a szövegben is szerepel!

- 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 mezőiségi és az erdőtalaj dinamikájú mintaterületeken nem egységes az eltérő stabilitású szénkészletek összetétele.**

A vizsgálatok alapján megállapítható volt, hogy míg a mezőiségi talaj esetében a stabil, finom ásványi szemcsékhez kötött szervesanyag-frakciók rendelkeznek magasabb aromás komponens-tartalommal (5. ábra), addig az erdőtalajban az aggregátumokba zárt, mozgékonyabb szervesanyag-készlet mutatott nagyobb aromasságot és átalakultsági fokot. Ez az eltérés a szervesanyag-tárolás mechanizmusai között jelentkező különbségekből ered, és hatása lényegesen meghatározóbbnak bizonyult, mint a különböző talajművelési módoké.

További mintaterületek bevonásával végzett vizsgálatok megerősítették, hogy ez a különbség nem vezethető vissza a kalcium-karbonát jelenlétére vagy hiányára, mivel más mezőiségi talajok esetében éppen a mobil szervesanyag-készlet bizonyult aromásabbnak és fejlettebb átalakultságúnak. A megfigyelt eltérések értelmezéséhez elengedhetetlen figyelembe venni a vizsgált talajok közötti további különbségeket is, különösen az aggregáltság mértékét és a teljes szervesanyag-tartalmat.

A tézis a dolgozat 4.1.2. 4.1.3. és 4.3.3. alfejezetében ismertetett eredményekhez kapcsolódik. A tézis a vizsgálati eredményekkel kellőképpen alátámasztott, bár az erdőtalajokra vonatkozó eredmények a tézisfüzetben nem szerepelnek. A mezősségi talajok szerves anyag összetételének változásait bemutató 5. ábra mellé érdemes lett volna egy hasonló ábrát betenni szemléltetésképpen, mely a dolgozat 6. táblázata alapján elkészíthető lett volna. Ezzel a megjegyzéssel együtt a tézist önállóan elfogadom.

Megjegyzések, kérdések az alfejezetekhez:

47. oldal: A 6. táblázat. **PT-stab, PT-aggr, NF-stab, NF-aggr** rövidítései nem definiáltak, csak következtetni lehet rájuk a szövegkörnyezetből.

48. oldal: A 13 ábra részábráira téves a szövegben a hivatkozás. A szerves anyag oxidáltsági fokáról a 13b. ábra, míg az agyag/kvarc arányról a 13c ábra tájékoztat. A 13. ábra és a 6. táblázat kezelés jelölései nincsenek szinkronban. Az ásványi összetétel FTIR spektrumokból történő meghatározásáról nem ír a Jelölt az „Anyag és módszer” fejezetben, itt találkozunk ezzel először.

- 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 szerves anyag raktározódik el a talajban.**

A mezősségi talaj esetében a vizsgált szervesanyag-paraméterek kizárólag a talajmélységek és a szervesanyag-raktárak típusai mentén mutattak eltéréseket, a különböző művelésmódoknak ugyanakkor nem volt kimutatható hatásuk a szerves anyag összetételére (1. táblázat). A mélységek szerinti elkülönülés hátterében feltehetően a felszíni (pl. szár, levél) és a gyökérszónában található biomassa eltérő kémiai összetétele, valamint ezek különböző lebomlási sajátosságai állnak. Emellett a területen alkalmazott vetésváltás is jelentős szerepet játszik: a talajba jutó növényi maradványok kémiai összetétele – például pillangós növények és kukorica között – évről évre jelentős eltérést mutat. Ez az évenkénti variabilitás nagyobb hatással van a szervesanyag-összetételre, mint a különböző talajművelési eljárások.

A tézis a dolgozat 4.3.3. és 4.3.4. alfejezetében ismertetett eredményekhez kapcsolódik. A tézis a mezősségi talajokra az 1. táblázatban bemutatott varianciaanalízisekkel kellőképpen alátámasztott, viszont erdőtalajokra nem végeztek hasonló vizsgálatokat (legalábbis ilyen nem találok a dolgozatban). Ezért a tézist az alábbi változtatással fogadom el: „Mezősségi talajon megállapítottam, hogy 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 szerves anyag raktározódik el a talajban.”

Megjegyzések, kérdések az alfejezetekhez:

75. oldal: A Jelölt azt írja: *„Hagyományosan, az altalaj aromásabb és a lebontásnak jobban ellenálló szervesanyag-készlete a gyökértömegből származtatott (Klotzbücher et al., 2016), ugyanakkor jelentős lehet az aromás alkotórészek felszíni talajrétegből történő szelektív lemosódása is, ahogy azt Wang et al. (2018) is kimutatta.”* Miért mosódott le az aromás anyag jobban a direkt vetésnél, mint a mélykultivátor esetében? Nem lehet esetleg, hogy a DV esetében több a mélyen lévő el nem bomló gyökértömeg? Nem lehet-e egyfajta magyarázat az altalajban: a., magas lignintartalmú szerves anyagok felhalmozódása (gyökérmaradványok) - > lebomlása után több aromás szerkezetű anyag marad vissza a talajban, míg a gyorsan bomló szerves anyagok már eltűntek. Az aromásági mutató nő, mert az altalajt nem nagyon bolygatjuk, talán a direktvetésnél van a legtöbb gyökérmaradvány. b., Alacsony lebomlási aktivitás az altalajban - Direkt vetés esetében ->

Ha a talaj oxigénellátottsága korlátozott, akkor a szerves anyag lassabban bomlik le, és a mikroorganizmusok nem tudják teljesen lebontani az aromás vegyületeket...

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 mezősségi talajon kifejezett.

A szakirodalmi adatok többsége szerint a kímélő talajművelés hatására a talajba kerülő többlet szerves anyag elsősorban a csak fizikailag kötött, mobil frakcióhoz sorolható, amely jellemzően szerves törmelékként jelenik meg. Ezen frakció egyik alapvető jellemzője az időbeli változékonyság, ezért a hagyományos szemlélet szerint nem tekinthető részének a talaj hosszú távon stabil szervesanyag-készletének. Ebből következően a művelésmód-váltásból eredő szervesanyag-növekményt gyakran nem tartják hosszú távú hatással bíró tényezőnek. A jelen vizsgálat eredményei ezzel szemben azt mutatták, hogy mindkét, a hazai mezőgazdaság szempontjából kiemelten fontos talajtípus esetében – tizenöt éves időtávon belül – egyértelmű növekedés volt kimutatható a stabil szervesanyag-készletben is. Ez azt jelzi, hogy a kímélő talajművelés már viszonylag rövid időn belül is hozzájárul a talajba jutó szervesanyag stabilizálásához, amely hosszú távon kedvezően befolyásolhatja a talajtulajdonságokat, valamint növelheti a termésbiztonságot (6. ábra).

A tézis a dolgozat 4.1.1. és 4.3.1. alfejezetében ismertetett eredményekhez kapcsolódik. A tézis a vizsgálati eredményekkel kellőképpen alátámasztott, bár az erdőtalajokra vonatkozó eredmények a téziszűzetben itt sem szerepelnek. Ugyanakkor a téziszűzet szövege és az ábra is azt sugallja, mintha mindkét talajra vonatkoznának az eredmények. Az Agyagbemosódásos barna erdőtalajra a dolgozat 5. táblázatának az eredményeit lett volna jó egy hasonló ábrán bemutatni. Ezzel a megjegyzéssel együtt a tézist önállóan elfogadom.

Megjegyzések, kérdések az alfejezetekhez:

45. oldal: Az 5. táblázatban feltüntetett **rSOC rövidítés** itt szerepel először (és utoljára). Máshol a stabilan kötött szerves szén frakcióra más jelölést használt.
46. oldal: Jelölt a szövegben szignifikáns különbségekről ír, azonban az 5. táblázatból nem derül még ki egyértelműen a szignifikáns különbség. Önmagában az átlag és a szórás megadása nem elegendő annak megítélésére, hogy az egyes kezelések között szignifikáns különbség van-e. A statisztikai szignifikancia tesztelése (pl. t-próba, ANOVA) szükséges annak eldöntéséhez, hogy a különbségek valóban szignifikánsak-e, vagy csak a véletlen hatása miatt alakultak ki. (Mint ahogy ezeket a tesztekét másutt el is végezte...)
70. oldal: Az előzőekben leírtak szerint a 22. ábrán is a boxplotok fölött mindenhol megjeleníthető lett volna a szignifikancia vizsgálatok eredménye (kis betűkkel pl.). Érdekes lett volna egy magyarázó mondatot szentelni az altalaj minták mért paramétereinél a nagy szórásoknak. Ennek pont fordítva vártam...

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

A vizsgálati megközelítés szerint a tartósan erdőborítottság alatt álló talajok gyakorlatilag szerves szénrel telített állapotúnak tekinthetők. Ezt a feltételezést alapul véve a Talajinformációs Monitoring rendszer erdőborítású szelvényeinek feltalajait referenciaként felhasználva hozták létre azt a cubist alapú pedotranszfer függvényt, amely lehetővé teszi a hazai feltalajok elméletileg maximális szerves szénkészletének számszerűsítését. A modell eredményei alapján megállapítható, hogy Magyarország területén a feltalaj szerves széntároló kapacitását nemcsak a talajtulajdonságok – mint például a

mechanikai összetétel (textúra) és a kémhatás (pH) – befolyásolják, hanem jelentős hatással vannak rá a környezeti tényezők is. Ezek közé tartozik többek között a domborzat (lejtés, tengerszint feletti magasság, topográfiai pozíció), valamint a klimatikus viszonyok, mint az éves középhőmérséklet és a potenciális párolgás (7. ábra).

A tézis a dolgozat 4.5. fejezetében ismertetett eredményekhez kapcsolódik. Publikálása megfelelő szinten megtörtént, így új tudományos eredményként elfogadható az alábbi javasolt módosítással: „Egy gépi tanulási módszeren alapuló pedotranszfer függvény segítségével országos léptékben határoztam meg a hazai feltalajok potenciális szervesszén tároló képességét”.

Megjegyzések, kérdések a fejezethez:

93. oldal: „Kasztanozjomok” az érvényes hazai talajosztályozásban nem szerepelnek.

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

A feltalajban potenciálisan eltárolható maximális szervesszén-készlet térbeli eloszlását bemutató térképet összevetve a jelenlegi szervesszén-tartalomra vonatkozó országos adatbázissal, meghatározhatóvá vált a telítettség mértéke és annak területi megoszlása. A 100 méteres térbeli felbontásban végzett becslés alapján a feltalaj szervesszén-tartalma jelentős mértékben elmarad az elméleti kapacitástól, és e telítetlenség országos szinten is jól értelmezhető térbeli mintázatokat mutat (8. ábra). Az eredmények szerint hazánk területének mintegy 80 %-án a feltalaj nem tekinthető szerves szénnel telítettnek, ami azt jelenti, hogy ezen területeken a stabil szervesanyag-tartalom növelésére reálisan lehetőség nyílik. A legnagyobb potenciált nem feltétlenül a jelenleg alacsony szervesanyag-tartalmú, jellemzően gyenge termőképességű talajok jelentik, hanem azok a területek, amelyek már jelen állapotukban is közepes vagy magas szervesanyag-ellátottsággal rendelkeznek. E talajok szervesszén-tároló kapacitása ugyanis lényegesen meghaladja a homokos, tápanyagszegény talajokét, amelyek már közelítenek saját szaturációs szintjükhez. Mindezek alapján célszerű a kímélő művelésen és a talajegészség fenntartásán alapuló beavatkozásokat elsősorban azokra a területekre összpontosítani, ahol a szervesszén-készlet növelésére leginkább van lehetőség. Mivel e területek nagy része egybeesik az ország élelmiszer-termelés szempontjából legnagyobb jelentőségű szántóföldjeivel, a szervesanyag-tartalom célzott növelése egyúttal hozzájárulhat ezen mezőgazdasági területek alkalmazkodóképességének erősítéséhez az időjárási és egyéb környezeti szélsőségekkel szemben.

A tézis a dolgozat 4.5. fejezetében ismertetett eredményekhez kapcsolódik. Publikálása megfelelő szinten megtörtént, így új tudományos eredményként elfogadható az alábbi javasolt módosítással: „Megállapítottam, hogy a legnagyobb lekötetlen szervesszén tároló kapacitás a jelenleg közepes vagy magas szervesszén tartalmú feltalajokban található.” Javaslom továbbá a 6. és 7. tézispontok összevonását.

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

A talajban tárolt stabil szervesanyag-készlet elsődlegesen a finomabb szemcsefrakciókhoz, azaz az agyag- és iszapszemcsék ásványi felszíneihez kötődik. A vizsgálatok alapján azonban ezen frakciók szervesanyag-tartalma hazai viszonyok között elsősorban a talaj teljes szervesanyag-készletének átalakultsági fokától – különösen annak aromás jellegétől – valamint a domborzati adottságoktól, elsősorban a lejtés mértékétől függ. E tényezők befolyása meghaladja a területhasználat, az éghajlati viszonyok vagy az alapvető talajtani jellemzők (pl. textúra vagy kémhatás) hatását. A területhasználat inkább a talaj szerves anyagának elemösszetételét módosítja, ami a különböző növénytársulások (fás

szárú növények, lágyszárúak, gabonafélék) eltérő kémiai összetételéből eredő hosszú távú hatásokat tükrözi. Ezzel szemben a szerves anyag aromássága – mint a lebomlási és átalakulási folyamatok egyik jellemzője – inkább a klimatikus és talajtani környezet összetett hatásának eredménye. A biológiai aktivitás mértékét, valamint a szerves anyag stabilizálódásának és átalakulásának fokát ezek a környezeti tényezők határozzák meg. A vizsgálatok alapján megállapítható volt, hogy a szerves anyag átalakultsága növekszik a finom frakció arányának emelkedésével és a talaj kémhatásának csökkenésével (9. ábra).

A tézis a dolgozat 4.4. fejezetében ismertetett eredményekhez kapcsolódik. Publikálása megfelelő szinten megtörtént, így új tudományos eredményként elfogadható.

Megjegyzések, kérdések a fejezethez:

78. oldal: Sehol sem látom az „Anyag és módszer” részben, hogy a fajlagos felületet hogyan határozták meg. Valószínűnek tartom, hogy az LDM PSD-ből becsléssel, de ezt le kellett volna írni! Vagy esetleg a higroszkópossgá gondoltak (ami az ábra alapján hasonló hatást mutat, mint a finom frakció aránya) - ebből is becsülhető a fajlagos felület, de ezt is le kellene írni...
79. oldal: A 26. ábrán bemutatott eredményekre is el lehetett volna végezni egy szignifikancia vizsgálatot, és ennek eredményeit a grafikonokon is ábrázolni lehetett volna! Így talán jobban látszottak volna, igazolhatóak lettek volna a különbségek!
82. oldal: Jelölt azt írja: „A feltárt fordított arányosság csökkenő ásványi fázishoz kötött szerveszén tartalmat jelez, ha a teljes talaj szerves anyagának aromássága növekszik.” - Vagyis ha előrehaladottabb a humuszosodás, akkor csökken az ásványi fázishoz kötött szerves széntartalom? Miért? A talajokban az ásványi fázishoz kötött szerves anyag jellemzően inkább aromás karakterű...
84. oldal: A leírtak alapján mindenképp értékes vizsgálat lenne az adatbázison, ha a talajtípusokkal is összevetnénk az aromásság mértékét, nemcsak néhány talajtulajdonsággal... Az, hogy a textúra ilyen fontos szerepet töltött be, összefügghet azzal, hogy pl. a csernozjomok általában vályog, agyagos vályog textúrán alakultak ki. A pH-val kimutatott negatív kapcsolat is érdekes a talajtípusokat vizsgálva...
85. oldal: Jelölt azt írja: „... eredményeink alapján a talaj teljes szerves anyagának aromássága fordított arányosságban állt az ásványi fázishoz kötött szervesanyag-koncentrációjával.” - A szakirodalom szerint az ásványi fázishoz kötött szervesanyag koncentrációja és a talaj teljes szerves anyagának aromássága közötti **kapcsolat általában pozitív**, viszont nem feltétlenül lineáris. A kapcsolat bizonyos tényezőktől függően (szervesanyag típusok eltérései, talajtextúra és ásványi összetétel, biotikus és abiotikus bontási folyamatok) változhat. Mivel magyarázza az itt tapasztalt ellentmondást?

Az új tudományos eredmények összesített értékelése

A Jelölt által 8 pontban ismertetett új tudományos eredmények a kísérletek értékelésének tényszerű, igazolható eredményei, publikálásuk általában megfelelő szinten megtörtént, s így hasznos hozzájárulást jelentenek a szerves szénforgalmi ismereteinkhez. Új tudományos eredményként elfogadhatók a javasolt módosítások és összevonások figyelembevételével.

ÖSSZEGEZÉS, NYILATKOZAT

A bemutatott kutatás kiemelkedő jelentőségű a talaj szervesanyag-dinamikával kapcsolatos ismeretek bővítésében, különösen a kémelő művelés hosszú távú hatásainak értékelése szempontjából. A vizsgálatok újszerű megközelítést alkalmazva igazolták, hogy a talaj szervesanyag-készlete nem csupán

menyiségileg, hanem minőségileg is változik a művelési mód függvényében. A stabil szerves szénkészlet növekedése, a szerves anyag aromás jellegének fokozódása és a vízdoldható szerves anyagok indikátorként való alkalmazhatósága mind olyan megállapítások, amelyek közvetlenül hozzájárulhatnak a fenntartható talajgazdálkodás tudományos és gyakorlati alapjainak fejlesztéséhez.

A kutatás egyik legfontosabb eredménye, hogy a művelési mód váltása nem csupán a rövid távú talajállapotot befolyásolja, hanem hosszabb időtávon is stabilizálja a talaj szervesanyag-tartalmát, így hozzájárul a termőképesség fenntartásához és a klímaváltozás hatásainak mérsékléséhez. A nagy területi felbontásban végzett modellezési és térképezési eljárások révén az eredmények széles körben alkalmazhatók, lehetőséget teremtve a talaj szervesanyag-gazdálkodásának célzott fejlesztésére.

Összességében a dolgozat hiánypótló megállapításokat fogalmaz meg a talaj szervesanyag-stabilizáció folyamatairól, és értékes tudományos alapot biztosít a fenntartható mezőgazdasági stratégiák kidolgozásához.

Összegezve megállapítható, hogy Jakab Gergely doktori műve megfelel az MTA doktori nyilvános vitára bocsátás követelményeinek, javasolom a nyilvános vitára bocsátását és sikeres védelem esetén támogatom számára az MTA doktora cím odaítélését.

Keszthely, 2025. április 4.



Dr. Makó András

az MTA doktora