

## Opponensi vélemény

Makó András:

Új talajfizikai mérő- és becslőmódszerek kidolgozása vizes és nem-vizes folyadékfázist tartalmazó talajokra

c. MTA doktori értekezéséről

A talajfizikai kutatások eredményeinek felhasználói (akik közé az opponens is tartozik) ritkán töprengenek azon, mennyire megbízhatóak a talajok mechanikai összetételére, porozítására, az aggregátumok eloszlására, a pF görbére, vízkapacitásra stb. kapott adatok. A jelölt a bevezetőben rámutat arra, hogy a különböző módszerekkel meghatározott eloszlások, küszöbértékek között jelentős eltérések lehetnek. Szükség van tehát a technológiai fejlődéssel egyre szaporodó meghatározási módszerek áttekintésére, pontosságuk értékelésére és új becslő eljárások kidolgozására. Ilyen szempontból az értekezés témája feltétlenül időszerűnek tekinthető.

Az értekezés céljainak megfogalmazása igen logikus gondolatmenetet követ: a mechanikai összetétel, a talajszerkezet (az aggregátum-stabilitás) és a légáteresztés vizsgálata előfeltétele annak, hogy meghatározzuk a talajok vízáteresztő és víztartó képességét, valamint a szerves folyadékoknak a talajban történő mozgását. Az utóbbinak az olajszennyezések nyomkövetésében van nagy gyakorlati jelentősége.

Az értekezés első fejezete több mint 40 oldalon áttekintést ad a tudomány mai állásáról a talajok hidrofizikai tulajdonságainak vonatkozásában. Ehhez a szerző hatalmas mennyiségű szakirodalmat dolgoz fel, a legfrissebb nemzetközi forrásokat is beleértve. Szívesen alkalmazza a szakkifejezések magyarítását (pl. morzsavízállékonyság), de zárójelben angol változatukat is feltünteti, megkönnyítve a források értelmezését. Mindez mutatja szakirodalmi tájékozottságát.

Az 1. ábrával kapcsolatban az opponensnek van némi hiányérzete. A talajok hidrofizikai tulajdonságainak jelentősége attól is függ, hogy ezek időben mennyire állandóak. Eszerint is össze lehetett volna állítani egy csoportosítási ábrát. Másrészt folyamatábrán lehetett volna bemutatni a közvetlen és a közvetett hatásokat, ami lényeges az értekezésben kidolgozott módszer megalapozása szempontjából.

Az elsőként és legrészletesebben tárgyalt mechanikai összetétel a talajok olyan tulajdonsága, amely számos társtudomány (pl. a geomorfológia) számára is igen fontos. Helyesen emeli ki, hogy milyen jelentős eltéréseket okozhatnak az országoként és tudományterületenként különböző kémiai előkészítő eljárások.

A nemzetközi talajtanban nem könnyen talál elfogadásra a szemcseeloszlás meghatározásának lézerdiffrakciós módszere (LDM). Előnyei (kis mintaigény, gyors elemzés) ellenére kalibrálási nehézségek és reprezentativitási kételyek merülnek fel vele kapcsolatban, ezért a jelölt megvizsgálja, milyen tényezők befolyásolják az LDM vizsgálatok eredményét, értékeli az erre vonatkozó nemzetközi irodalmat, valamint a Magyarországon is használt Fritsch Analysette típusú készülékek tapasztalatait. Idevágó megállapításai Külön tudományos közlemény alapjait is képezhetik.

A nemzetközi irodalom alapján vázolja a talajszerkezet kvantitatív jellemzésének nehézségeit (az aggregátum-stabilitás meghatározására végzett nedves szítálás hátrányait). Ezután következik a folyadék-visszatartó képesség becslésére alkalmazott pedotranszfer függvények tömör, szakszerű, de közérthető ismertetése, összehasonlítása. Mint az egyéb fejezetekben is, a hazai és a nemzetközi gyakorlatot, a legújabb eljárásokat összevetve értékeli. A statisztikai módszerek (empirikus összefüggések) alkalmazása azért is helyénvaló, mert a talajban (és általánosságban a tájban) zajló folyamatok döntő részben sztochasztikus alapon zajlanak. A talajok sokfélesége természetesen korlátozza az összefüggések átvihetőségét (erről a 40. oldalon ír).

A szakirodalmi áttekintés terjedelmét azzal igyekszik csökkenteni, hogy tömörített formában ismerteti korábbi monografikus munkáit, ill. csupán hivatkozik rájuk. Környezetvédelmi szempontból különösen fontos téma a szerves folyadékok (olajok) visszatartása a talajban. Megállapítja, hogy a víztartó képességgel kapcsolatos megfigyelések sajnos nem vihetők át közvetlenül a szerves folyadékokra. Az utóbbiakra vonatkozó mérési protokollok kevésbé kidolgozottak, a becslő eljárások validálása egyáltalán nincs megoldva a nemzetközi gyakorlatban sem. Az egyenletek érvényességi feltételeit tartalmazó lista igen hosszú.

Az Anyag és módszer fejezetben ismerteti a vizsgálatokhoz felhasznált 69 talajszelvény 339 genetikai szintjének kiválasztási szempontjait. A jelölt a kiválasztott szelvényekkel igyekezett megfelelően reprezentálni Magyarország talajtípusait. Talán csak a csernozjomok aránya marad el kissé attól, amilyen jelentőségük miatt megilletné őket. Az aggregátum-stabilitás vizsgálatokba nem csak talajokat, hanem szerves üledékeket is bevont, ezzel hangsúlyozva a csak a talajokra jellemző szerkezetképző folyamatokat. A szerkezet és a víztartó képesség kapcsolatának kimutatásában sikeresen felhasználta az új MARTHA adatbázis lehetőségeit, amelynek kialakításában a jelölt is részt vett. Az adatbázis korlátain belül alkalmazta a talajszerkezet érzékenységi indexet is. A folyadék-visszatartó képesség meghatározásához használt szelvények igen változatosak, ami elősegíti a befolyásoló tényezők viszonylagos jelentőségének megállapítását. A vizsgálati eljárások precíz leírásán kívül elismerésre méltó a felhasznált statisztikai eljárások széles köre is.

A 76. oldalon kezdő Eredmények fejezet gazdagon illusztrált. A 10. ábra jól érzékelteti, hogy a magyar (MSz) és a nemzetközi szabvány (ISO/DIS) között lényegesek az eltérések, amelyek abból adódnak, hogy az előkészítés során másodlagos módok képződhetnek szemcsék. A szerző célja pedotranszfer függvények segítségével a régebbi, MSz szerinti mérési adatokat konvertálni az ISO rendszerbe. Az összehasonlítás ötletes módja az MSz és ISO/DIS pontpárok távolságainak ábrázolása az USDA háromszög-diagramjain. Az ábrák kivitelezése azonban már nem tökéletes: a 27. ábra háromszög-diagramjai már nem érik el az olvashatóság alsó határát. Ezzel szemben a 15. ábrán markánsan kirajzolódik, hogy a mechanikai összetétel esetében az LDM módszer alulbecsli az agyag- és felülbecsli a porfrakciót. Nyilvánvalóan a szerves anyag eltávolításának módja befolyásolja a kapott szemcseeloszlást. A szemcseeloszlás megbízható mérésével kapcsolatban felmerül a kérdés: Hogyan látja az előrelépés útját a szemcsék alakjának figyelembevétele tekintetében? Mivel a szemcsék alakja összefüggésben van ásványi minőségükkel (pl. lemezes agyagásványok), az a leegyszerűsítés, amely mindegyiket gömb alakúnak tekinti, jelentős hibaforrás az LDM-ben is.

Makó András empirikus pedotranszfer függvények sorozatát javasolja a szerves anyag nélküli mechanikai összetétel becslésére. Az SPM-LDM módszerek összehasonlításában –

tapasztalataira alapozva, statisztikailag alátámasztott módon – a jobb egyezés érdekében javaslatot tesz az agyag- és porfrakció közti határ módosítására. Eszerint magyar szabványon alapuló összehasonlításban a por/homok határt jóval nagyobb mértékben kellene módosítani (csökkenteni 50  $\mu\text{m}$ -re), mint az ISO esetében (79  $\mu\text{m}$ ). Mi ennek a magyarázata? A 24. táblázat és a 29. ábra mindazon eredményeknek a világos összefoglalása, amelyeket a jelölt a szemcseeloszlás becslésében elért (összesítve 63%-os egyezés).

Az aggregátum-stabilitásra vonatkozó eredmények egyértelműen mutatják a víz és a szerves folyadékok dezaggregáló hatásának különbségét. (A víz esetében ez nagyobb, mivel a kémiai és a mechanikai hatások együttesen működnek.) Az itt tárgyalt befolyásoló tényezők közül a talajeróziós kutatások is kimutatták, hogy a humusztartalom növeli az aggregátumok stabilitását, ill. a  $\text{Na}^+$ -oknak diszperziós hatásuk van. Az aggregátumok szétesési sebességére vonatkozó becslései szintén relevánsak lehetnek a talajerózió vizsgálatában.

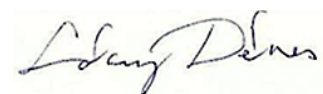
Az értekezés értékes alfejezete az, amelyben a modális szívóerőt a talajdegradáció általános jellemzőjeként mutatja be. Itt felmerül a következő kérdés: Lát-e lehetőséget arra, hogy a modális szívóerőt a talajok éghajlatváltozással szembeni érzékenységének jellemzésére tovább lehessen fejleszteni?

Az értekezés viszonylag kis terjedelemben tárgyalja a szerves folyadékokat visszatartó képességet, mivel a szerző már számos, rangos folyóiratban közölte ezzel kapcsolatos eredményeit. Hangsúlyozza, hogy a szerves folyadékok vezetésének becslése egyszerűbb, mint a vízvezetésé, az összporozitáson kívül csak a humusz- és a mésztartalom befolyásolja, de az ilyen kutatások gyakorlati jelentősége nagy. Mérési eredményekkel alapolhatják meg az olajszennyezettség-érzékenységi térképek készítését. Ugyanakkor megkönnyíthetik annak eldöntését, milyen kármentesítési módszer alkalmazandó az egyes érintett területeken. A szerző kísérletet tett arra, hogy laboratóriumi körülmények között a légáteresztő képességből becsülje a talajok szerves folyadékokra vonatkozó vezetőképességét. Ezen eredményeit azonban még szabadföldi vizsgálatokkal kell igazolni.

Makó András értekezése kifogástalan szakmai nyelvezettel, ugyanakkor olvasmányos stílusban íródott. A szöveg és az illusztrációk egyaránt gondos kivitelezésűek, jól alátámasztják a mondanivalót, bár méretezésük nem mindig megfelelő. A hivatkozások precízek, az irodalomjegyzék a nemzetközi szakirodalom legfrissebb releváns publikációit is tartalmazza. Az opponens egyetlen elgépeltést talált, a 34. oldalon.

A fentiek alapján Makó András értekezését minden szempontból alkalmasnak tartom az MTA Doktora cím elnyerésére, nyilvános vitára bocsátását támogatom. A tézisfüzetben szereplő 10 tézist a 6. pont kivételével elfogadom. A talajfizikai és hidrológiai adatbázis kidolgozása ugyan fontos feladat, a további kutatások számára hasznos lehetett, de szerintem közvetlenül nem tekinthető tudományos eredménynek. Hogyha e mögött tudományos koncepció áll, annak bemutatása szükséges.

Pécs, 2018. augusztus 1.



Lóczy Dénes

az MTA Doktora, egyetemi tanár