

Ásványi és szerves adalékanyagok hatása a nyírségi homokterületek fizikai és kémiai tulajdonságaira

Doktori (Ph. D.) értekezés

Szegi Tamás András

Gödöllő

2009

A doktori iskola

megnevezése: Környezettudományi

tudományága: Talajtan, agrokémia, környezeti kémia

vezetője: Prof. Heltai György
egyetemi tanár
Szent István Egyetem
Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Környezettudományi Intézet, Kémiai és Biokémiai Tanszék

Témavezető: Csákiné Dr. Michéli Erika
egyetemi tanár
Szent István Egyetem
Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar
Környezettudományi Intézet, Talajtani és Agrokémiai Tanszék

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

TARTALOM JEGYZÉK

1. BEVEZETÉS, TÉMAVÁLASZTÁS.....	5
2. CÉLKITŰZÉSEK.....	7
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	9
3. 1. HOMOKTALAJAINK JELLEMZÉSE, TULAJDONSÁGAI	9
3. 1. 1. Magyarország homokterületeinek rövid áttekintése.....	9
3. 1. 2. A homoktalajok szerkezete	13
3. 1. 3. A homoktalajok kedvezőtlen szerkezetének és pórusviszonyainak okai.....	14
3. 1. 4. A homoktalajok vízgazdálkodási tulajdonságai.....	14
3. 2. A HAZAI HOMOKTALAJOK JAVÍTÁSI LEHETŐSÉGEINEK RÖVID ÁTTEKINTÉSE	15
3. 2. 1. Vetésváltás - zöldtrágyázás	15
3. 2. 2. Istállótrágyázás	16
3. 2. 3. Szalmatrágyázás.....	16
3. 2. 4. Műtrágyázás.....	17
3. 2. 5. Meszezés.....	18
3. 2. 6. Tartós „réteges”, „Egerszegi-féle” homokjavítás.....	19
3. 2. 7. Homoktalajok javítása helyben fellelhető ásványi/szervesanyagokkal.....	20
3. 2. 8. Homoktalajok szerkezetének javítása mesterséges adalékanyagokkal.....	21
3. 2. 9. Homoktalajok javítása hígtrágya, barnaszén, zeolit dezaggregátumokkal.....	22
3. 3. A TALAJSZERKEZET KIALAKULÁSA	24
3. 3. 1. A talajszerkezet kialakításért felelős legfontosabb anyagok.....	25
3. 4. TALAJOK SZERKEZETI VIZSGÁLATA.....	28
3. 4. 1. Vizuális, terepi talajszerkezeti vizsgálatok.....	28
3. 4. 2. Laboratóriumi talajszerkezeti vizsgálatok.....	29
3. 5. A TALAJOK KONZISZTENCIÁJA	30
3. 6. REOLÓGIA MINT MÉRÉSI MÓDSZER.....	32
3. 6. 1. A reológia törvényszerűségei	33
4. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	37
4. 1. ANYAG	37
4. 1. 1. Laboratóriumi modell minták.....	37
4. 1. 2. A laboratóriumi modell minták előállítása.....	38
4. 1. 3. Az alkalmazott modell minták rövidítései.....	39
4. 1. 4. Szántóföldi minták	39
4. 2. MÓDSZEREK	41
4. 2. 1. Az alkalmazott talajkémiai módszerek bemutatása.....	41
4. 2. 2. Az alkalmazott talajfizikai módszerek bemutatása.....	42
4. 2. 2. 1. A minták egyszerűsített nedvesség visszatartó képességének meghatározása.....	43
4. 2. 2. 2. A minták leiszapolható részének egyszerűsített meghatározása.....	43
4. 2. 2. 3. A talaj szerkezetességének meghatározása egyszerűsített Kacsinszki-j - féle diszperzitás faktor és a Vageler – féle struktúra faktor segítségével.....	44
4. 2. 2. 4. Reológiai vizsgálatok.....	44
4. 2. 3. Statisztikai vizsgálatok.....	46
5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK.....	47
5. 1. HIDROLITOS ACIDITÁS (Y1 - ÉRTÉK) MEGHATÁROZÁS EREDMÉNYE.....	47
5. 2. A MINTÁK CaCO ₃ EREDMÉNYEI	47
5. 3. A PH MEGHATÁROZÁS EREDMÉNYEI	47
5. 3. 1. A laboratóriumi modell minták.....	47
5. 3. 2. A szántóföldi minták	49
5. 4. A KATIONCSERÉLŐ KÉPESSÉG MEGHATÁROZÁSÁNAK EREDMÉNYEI ÉS AZ ADATOK STATISZTIKAI ÉRTÉKELÉSE.....	50
5. 4. 1. A laboratóriumi modell minták.....	50
5. 4. 2. Szántóföldi minták	51
5. 5. A SZÁNTÓFÖLDI MINTÁK SZERVESANYAG TARTALMÁNAK EREDMÉNYEI ÉS AZ ADATOK STATISZTIKAI ÉRTÉKELÉSE	52
5. 6. A HIGROSKOPÓSSÁGI MÉRÉSEK EREDMÉNYEI ÉS AZ ADATOK STATISZTIKAI ÉRTÉKELÉSE	53
5. 7. NEDVESSÉG VISSZATARTÓ KÉPESSÉG MEGHATÁROZÁSÁNAK EREDMÉNYEI ÉS AZ ADATOK STATISZTIKAI ÉRTÉKELÉSE	54
5. 7. 1. A laboratóriumi modell minták nedvesség visszatartás eredményei és az adatok statisztikai értékelése.....	55
5. 7. 2. A szántóföldi minták nedvesség visszatartás eredményeinek statisztikai értékelése	58

5. 8. EGYSZERŰSÍTETT TALAJFIZIKAI MÉRÉSEK EREDMÉNYEI ÉS AZ ADATOK STATISZTIKAI ELEMZÉSE	58
5. 8. 1. Laboratóriumi modell minták eredményei és az adatok statisztikai elemzése, vizes diszpergálás után	58
5. 8. 2. Laboratóriumi modell minták eredményei és az adatok statisztikai elemzése, Na-pirofoszfátos diszpergálás után	60
5. 8. 3. Laboratóriumi modell minták módosított Kacsinszki -féle diszperziós faktorok és a Vageler –féle struktúra faktorok eredményei és az adatok statisztikai elemzése	62
5. 8. 4. Szántóföldi minták leiszapolható részének vizes és Na-pirofoszfátos diszpergálásának, és az ebből számolt mutatók eredményei és statisztikai elemzése	63
5. 9. REOLÓGIAI VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI	64
5. 9. 1. A laboratóriumi modell minták folyásgörbéinek elemzése	64
5. 9. 2. A szántóföldi minták folyásgörbéinek elemzése	70
5. 9. 3. A laboratóriumi modell minták folyásgörbéiből származtatott maximális folyáshatár értékek (τ_{inimax}) eredményeinek bemutatása és az adatok statisztikai értékelése	71
5. 9. 4. A laboratóriumi modell minták folyásgörbéiből származtatott Bingham -féle folyáshatár értékek (τ_B) eredményeinek bemutatása és statisztikai értékelése	73
5. 9. 5. A szántóföldi minták folyásgörbéiből származtatott maximális folyáshatár értékek (τ_{inimax}) és Bingham -féle folyáshatár értékek (τ_B) eredményeinek bemutatása és statisztikai értékelése	74
5. 10. A MIKROSZKÓPOS FELVÉTELEK EREDMÉNYEI	76
5. 11. A SZÁNTÓFÖLDI MINTÁK PF ÉS TÉRFOGATTÖMEG MÉRÉSEINEK EREDMÉNYE ÉS AZ ADATOK STATISZTIKAI ÉRTÉKELÉSE	77
5. 12. A HASZNÁLT PARAMÉTEREK STATISZTIKAI ÖSSZEHASONLÍTÁSA	78
5. 12. 1. A használt egyszerűsített módszerek eredményeinek statisztikai összehasonlítása	78
5. 12. 2. A használt egyszerűsített módszerek eredményeinek statisztikai összehasonlítása a hagyományos mérési módszerek eredményeivel.	79
5. 12. 3. A reológiai mérések és az alkalmazott mérési módszerek eredményeinek korrelációs vizsgálata.	80
6. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK	81
6. 1. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	81
6. 2. JAVASLATOK A TOVÁBBI KUTATÁSOKHOZ	83
7. ÖSSZEFOGLALÁS	84
8. SUMMARY	86
9. MELLÉKLETEK	87
A MELLÉKLET	88
Irodalom jegyzék:	88
B. MELLÉKLET	99
Mérési jegyzőkönyvek	99
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	117

1. BEVEZETÉS, TÉMAVÁLASZTÁS

A talajok természetes termékenységét az emberi társadalmak évszázadok óta igyekeznek hasznosítani, megőrizni, illetve kedvezőtlen tulajdonságaikat javítani.

Magyarország teljes területének mintegy 53,5%-át sújtja valamilyen termékenységet gátló tényező, mint a nagy homoktartalom, a savanyú kémhatás, a szikesedés a talaj felsőbb, illetve a talaj mélyebb rétegeiben, a nagy agyagtartalom, a láposodás, a mocsarasodás, az erózió és a felszínközeli tömör kőzet (Várallyay, 1984).

Hazánk összterületének közel negyedét fedik könnyű mechanikai összetételű talajok, ezek közül 16% homokos és 9,5% homokos vályog fizikai összetételű. Az ilyen könnyű mechanikai összetételű talajok a legtöbb genetikai talajtípusban előfordulnak (Várallyay, 1984).

A homoktalajok jellemezően mind ásványi, mind szerves kolloidokban szegények. Ennek következtében termékenységüket az alábbi tényezők korlátozzák: igen nagy vízáteresztő- és gyenge víztartó-képesség, kevés hasznosítható víz- és természetes, illetve tárolható tápanyagkészlet. Emellett aszályra és szélérozióra hajlamosak (Várallyay, 1984).

Magyarország az Európai Unióhoz való csatlakozás után sem vonhatja ki a termelésből a homok területeket. Az Európai Unió az 1999/2006. rendeletre épülő, illetve a többszörösen módosított 151/2004. (X. 13.) FVM rendeletben meghatározott, a Nemzeti Vidékfejlesztési Terv alapján a központi költségvetés, valamint az Európai Mezőgazdasági Orientációs és Garancia Alap Garancia részlege társfinanszírozásában megvalósuló kedvezőtlen adottságú területekre is támogatásokat nyújt az ott gazdálkodóknak, megakadályozva ezzel a gazdasági/mezőgazdasági ellehetetlenedést, s ezáltal az elnéptelenedést.

Az Európai Unió által 2002-ben megfogalmazott „Talajvédelmi Stratégia” (Towards a Thematic Strategy for Soil Protection) felhívja a politikusok és a társadalom figyelmét a talajdegradációs folyamatokra. Részletesen tárgyalja a talajainkat érintő veszélyeket, nevezetesen az eróziót, a szervesanyag csökkenést, a talajszennyezést, a talajlefedettséget, a biodiverzitás csökkenést, a szikesedést, az árvizeket/földcsuszamlásokat. Ezek közül több hatványozottan fejt ki hatását homoktalajaink esetében.

A homoktalajok javítása a termékenységet csökkentő egyéb tulajdonságok (szélsőséges vízgazdálkodás, kevés szerves és szervesetlen kolloid tartalom) módosításával lehetséges (Szabolcs és Várallyay, 1978), mivel a nagy homoktartalom mérséklésére igen korlátozott a lehetőség.

Az 1950-es és 1960-as években jelentős törekvések történtek hazai homoktalajaink mind ásványi mind szerves kolloidjainak pótlására, amelynek sikeréről számos cikk és tanulmány beszámol. Az utóbbi néhány évtized hazai és nemzetközi kutatásai szerint a talajtulajdonságok

szempontjából kedvezőbb talajszerkezet alakul ki, ha az ásványi kolloidok (agyagásványok) szervesanyaggal kapcsolódva, úgynevezett ásványi-szerves komplexum formájában kerülnek a talajba, illetve vannak jelen a talajban.

A technika fejlődésével újabb vizsgálati módszerek, leírások jelentek meg a talajtanhoz kapcsolódó más tudományterületeken. Ezek talajtani alkalmazása részben már megtörtént, részben viszont még várat magára.

2. CÉLKITŰZÉSEK

Ösztöndíjas munkám alatt lehetőségem nyílt a Debreceni Egyetem Agrárcentrum Nyíregyházi Kísérleti terén folyó homokjavítási kísérletekbe bekapcsolódni. A kísérletek során különböző összetételű és mennyiségű szerves és szervetlen adalékanyagok hatását vizsgáltam a homoktalajok egyes fizikai, kémiai tulajdonságaira.

2003-tól módomban volt részt venni egy az Európai Unió által finanszírozott FP-6-os kutatásban is (INDEX projekt), melynek célja olyan gyors és egyszerű biológiai, kémiai és fizikai indikátorok kidolgozása volt, amelyek jelzik a talajokban bekövetkező negatív változásokat, illetve alkalmasak a kijuttatott javítóanyagok rövidtávú és tartamhatásának nyomon követésére is. A pályázat során öt ország 49 mintaterületéről származó talajmintákon folytak vizsgálatok, melyek során összehasonlítottuk az egyszerűsített vizsgálatokat már meglévő, elterjedt vizsgálati módszerekkel.

Ezek ismeretében a következő kérdésekre kerestem a választ:

1. eredményez-e előnyös változást homoktalajok szerkezetében, illetve kolloidkémiai tulajdonságaiban az ásványi kolloidok szervesanyaggal előkezelt, együttes adagolása?
2. CaCO_3 -tal történő kiegészítés eredményez-e további kedvező hatást?
3. alkalmas-e a reológia a talajok fizikai tulajdonságaiban bekövetkező változások nyomon követésére?
4. összevethetők-e az egyszerű módszerek eredményei egymással és a reológiai mérések eredményeivel?
5. a laboratóriumi vizsgálatok eredményei összevethetők-e a szántóföldi kísérletek eredményeivel?

A célkitűzésekben megfogalmazott kérdések megválaszolására laboratóriumi modell és szabadföldről származó mintákat vizsgáltam. Az alkalmazott módszerek közül vizsgáltam a reológiát mint módszert, illetve az INDEX pályázatban kidolgozott egyszerűsített talajfizikai módszereket.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3. 1. Homoktalajaink jellemzése, tulajdonságai

Várallyay (1984) a következőkben foglalja össze a homoktalajok termékenységét gátló tényezőket: kis agyag- és szervesetlen kolloid tartalom; kevés, többnyire gyorsan lebomló szervesanyag tartalom és e tulajdonságokkal összefüggő kis pufferkapacitás; valamint nagy vízáteresztő képesség, melyhez kis víztartó képesség párosul, ezáltal e talajok hasznosítható vízkészlete alacsony. Antal és Bacsó (1978) szerint ez a hasznosítható vízkészlet csupán 3-4 t‰, így az ilyen talajok szélsőséges vízgazdálkodásúak, fokozottan veszélyeztetettek mind defláció, mind pedig a vízerózió által. Kevés természetes tápanyagkészlettel rendelkeznek, valamint a mesterségesen kijuttatott tápanyagok kilúgozódásának és ebből kifolyólag a felszín alatti vizek szennyeződésének is nagy a veszélye.

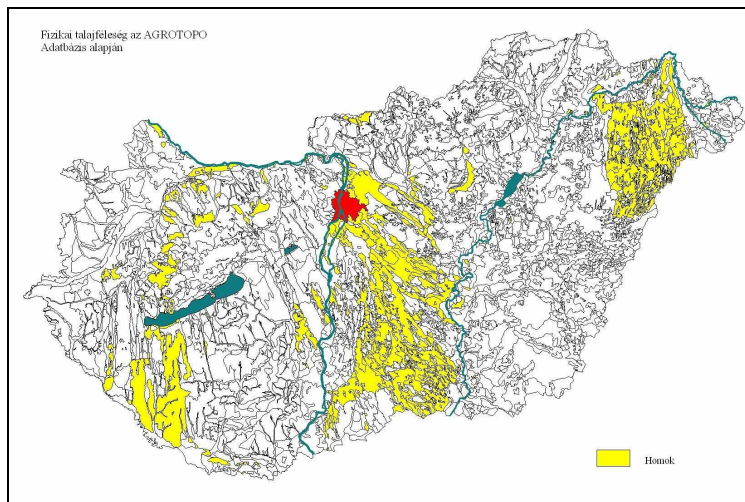
A hazai genetikus és talajföldrajzi osztályozásban a homokos szövet fő típus szinten nem jelenik meg. Típus szinten a „Futóhomok talajok” és „Humuszos homoktalajok” kerülnek elkülönítésre, melyek a „Váztalajok” fő típusba tartoznak. Talajtípus szintjén homokos szövetre történő utalás található a „Közép és délkelet európai barna erdőtalajok” esetében a „Kovárványos barna erdőtalajok” kialakulását tekintve. Altípus szinten szintén megjelenik a homokos szövetre történő utalás a „Rozsdabarna Ramann – féle erdőtalajoknál”. A „Csernozjom” fő típusba tartozó „Típusos meszes vagy mészlepedékes csernozjom” talajok is kialakulhatnak homokos talajképző közeten (Szabolcs et al., 1966; Baranyi et al., 1987).

A nemzetközi talajkorrelációs rendszerben (World Reference Base - WRB) a homokos szövetű talajok külön referencia csoportként, mint „Arenosols” kerülnek besorolásra jól definiált kritérium rendszer alapján. Ha az osztályozandó talaj más diagnosztikai tulajdonságai alapján előbb kisorol a határozó kulcs használata során, abban az esetben az „arenic” „utótag minősítő” használatával kifejezhetjük a homokos szövetet (WRB 2006).

3. 1. 1. Magyarország homokterületeinek rövid áttekintése

Homokterületeink nagy része a negyedkorban a lösszel egy időben képződött, ugyanakkor az Észak-Magyarországi medencék területének egy részét, a Tolna-Baranyai dombvidéket harmadkori homok fedi (Stefanovits, 1956; Marosi és Somogyi, 1990). Eredetüket tekintve nagyobb részben folyóvizek által kerültek a Kárpát-medencébe, majd a szél elhordta és átrendezte őket. A homokszemek általában 0,2-0,3 mm átmérőjűek, de egyes területeken a szemcsenagyság 0,1-0,2 mm, és sokszor kisebb-nagyobb mennyiségű porfrakciót is tartalmaznak. Mind a kiinduló anyagok sokrétűsége, mind pedig a képződés helyén fellépő folyamatok hatására homoktalajaink fizikai, valamint kémiai tulajdonságait tekintve eltérőek (Antal és Bacsó 1978).

Hazánk nagyterjedésű homokterületei a Belső Somogy, a Duna-Tisza-közi homokvidék és a Nyírség (1. ábra).



1. ábra: Hazánk nagyterjedésű homokterületei (forrás: MTA TAKI GIS Labor)

Az egyes területeken található homoktalajok eredetében, kémiai tulajdonságaiban származásukból eredően nagy eltérések vannak.

A Duna-Tisza-közi homokvidék területén negyedkori dunai karbonátos homokos öntés anyagot találunk, melyet a száraz időszakokban a szél átrendezett. A futóhomok takaró nem egységes, a buckák közötti vízbőséggel rendelkező mélyedésekben elmocsarasodott, elszikesedett területek találhatók. A terület nagy részét humuszos homok fedi (Stefanovits, 1963).

A Belső Somogy nagy részét pleisztocén kori áthalmazott futóhomok alkotja, amely az ősfolyók hordaléka. A területnek azonban csupán kis részét borítják a humuszos homok illetve a futóhomok talajok, többnyire agyagbemosódásos barna erdőtalajokat és barnaföldeket találunk (Barczy et al., 2001; Stefanovits, 1963).

Dolgozatomban csupán a Nyírséget jellemzem részletesen, mivel kutatómunkám ezen a területen folyt. Ez a jellegzetesen homoki táj területileg az ország legnagyobb összefüggő homokterülete, melyet keleten a Kraszna, északon a Tisza határol, nyugat és dél felé pedig fokozatosan megy át a Debreceni löszhátba (Kléh és Szűcs, 1954). A terület természeti arculatát az 1800-as évekig az erdők és a mocsarak jellemezték, melyeken extenzív mezőgazdasági művelés folyt (A. Tóth, 1969). A Debrecen-Mátészalka vonal mint vízválasztó, a területet mind talajtaniilag, mind pedig domborzatiilag két eltérő részre osztja. A vonaltól északra elterülő részre keskeny buckaközi területek jellemzőek. A déli oldalon a buckaközi területek kiszélesednek tágas völgyeket hozva létre (Stefanovits, 1993), dél és dél-nyugati irányba lejtve. Kreybig (1944) a következő módon jellemzi e területet: észak-déli irányú homokbuckák borítják, melyeket a Szatmári síkba befolyó folyók (Ondova, Topoly, Ung, Latorca) hordalék területéről a szél szállított ide. Stefanovits

(1956, 1963) szerint ez helyenként löszszerű finomságú üledék, de túlnyomórészt 0,1-0,2 mm szemcsenagyságú futóhomok. Kreybig így folytatja: „A dűnék és homokbuckák anyaga gyengén savanyú, míg a közöttük elterülő völgyeket és síkokat gyengén meszes, sötétebb színű talajanyag alkotja. Jellemző természetes növénytakaró a hátságokon az erdő volt, az erdők kivágása után a homok felszabadult és a szél más helyre hordta el, bizonyíték erre a sok helyütt előforduló lepel homok.”

A Nyírség északi részén vízi eredetű iszapos finom homokon, illetve eolikus homokos löszön mezősségi talajok fejlődtek. 1 m-nél vastagabb 3-4%-nyi a mélységgel fokozatosan csökkenő szervesanyagot tartalmazó humuszos szinttel rendelkeznek, a szénsavas mész a humuszos szint alján megtalálható. Ezek a talajok kis területet foglalnak el.

Sokkal jellemzőbbek a területre a homokos szövetű rozsdabarna erdőtalajok illetve a futóhomok talajok. A rozsdabarna erdőtalajok 20-30 cm-es fakószínű 1% körüli szervesanyag tartalommal rendelkeznek, felhalmozódási szintjük vöröses színű, enyhén tömődött. Kémhatásuk a felső rétegekben enyhén savanyú, ez a szelvény mélyebb részeiben semlegesre vagy enyhén lúgos kémhatásra vált (Stefanovits, 1956, 1993; Stefanovits et al., 1999).

Jellemző talaj típusa a Nyírségnek a kovárványos homoktalaj (2. ábra). Buckás területeken fordul elő a felszíntől esetenként egész 3-4 méter mélységig. Jellemzője, hogy 1-2 cm vastagságú, 10-20 cm-enként ismétlődő, vöröses, kissé agyagos homok csíkok szakítják meg a futóhomok szelvényét. A kovárvány csíkok kationcserélő képessége hasonló eredményt mutat, mint a homokos szövetű rozsdabarna erdőtalajok B szintje. Továbbá Kléh és Szűcs (1954), valamint Stefanovits (1953) megállapítása szerint a kovárványcsíkok által közrezárt homokrétegek tulajdonságai is megváltoznak, jóval több nedvességet képesek magukba zárni, víztartókéességük megközelíti a kovárvány csíkokét, tehát az eredeti homok két-háromszorosa.

Jellemző talajtípus továbbá az úgynevezett „posza homok” (futóhomok), mely a felszín kiemelkedő részein, buckáin található (Kléh és Szűcs, 1954). A futóhomok területeket gyér növényzet fed, amely csekély mennyiségű szervesanyagot szolgáltat, és e kevés szervesanyag is gyorsan ásványosodik. Kevés a kolloid tartalmuk, tápanyag-szolgáltató képességük rossz, a vizet gyorsan elnyelik. Kiszáradva az egyes homokszemcsék egymástól elválhatnak és mozgékonyak lesznek, így a defláció jelensége sok helyen megfigyelhető, kialakítva a lepelhomokot. A tájat a buckaközi mélyebb részekben réti, lápos réti, rétláp és elenyésző százalékban szikesek fedik (Stefanovits, 1956).



2. ábra: Kovárványos homok talaj, Westsik Vilmos kísérleti tér (fotó: Szegi)

A táj északi részén a buckák észak–déli irányúak, egymáshoz közel helyezkednek el, szinte összeérnek, ezáltal a buckák közötti területek kisebbek. A déli részeken a buckák északkelet–délnyugat irányúak, a buckák jobban fejlettek, egymástól távolabb állnak.

A buckaközi széles mélyedésekben iszapos–homokos talajképző kőzeten réti talajokat találunk, illetve vannak területek, ahol a talajvíz olyan közel van a felszínhez, hogy a láposodás folyamatát is megfigyelhetjük (Stefanovits, 1963).

Németh (1996) a nyírségi erdők és szántóföldek talajait szervesanyag (SZA) és nitrogén (N) tartalmuk alapján 3 kategóriába sorolja:

- gyenge homoktalajok, melyek szervesanyag és nitrogén tartalma a szelvény teljes mélységében alacsony (SZA %: 0,19-0,53; N mg/kg: 88-521);
- humuszos homoktalajok, melyek felső 30 cm-es rétegében alacsony szervesanyag és nitrogén tartalom mutatható ki, ami a mélységgel fokozatosan nő (SZA %: 0,49-0,75; N mg/kg: 490-610);

- illetve a harmadik csoport, ahol a szelvény felső részében nagyobb szervesanyag tartalom és nitrogén koncentráció volt kimutatható, ami a mélységgel csökken (SZA%: 0,40-1,93; N mg/kg: 352-1331).

3. 1. 2. A homoktalajok szerkezete

Kay és Angers (2002) szerint a homoktalajok szerkezetét elsősorban a homokszemcsék méret szerinti megoszlása határozza meg.

A homok szemcsenagyságra és a homok textúrára a nemzetközi szakirodalomban különböző mérettartomány definíciók vannak használatban. A legelterjedtebb nemzetközi rendszerek, mint a Nemzetközi Talajtani Unió - International Union of Soil Science (IUSS) -, az Egyesült Államok Mezőgazdálkodási Hivatala - United States Department of Agriculture (USDA) - mellett az egyes nemzeti rendszerek az országra jellemző fizikai féleség szerint eltérőek lehetnek (MSZ-08-0205-78; Brady és Weil 1999; Stefanovits et. al, 1999; NSSC/NRCS 2002; Bodenkundliche Kartieranleitung 2005; FAO 2006) (1. táblázat).

1. táblázat: Különböző mérettartomány frakciók felosztása

IUSS	Agyag	Por	Homok				Kavics	
			Finom		Durva			
		0,002	0,02	0,2				2 mm
USDA	0,002 0,05 0,1 0,25 0,5 1,0 2 mm							
	Agyag	Por	Nagyon finom	Finom	Közepes	Durva	Nagyon durva	Kavics
			Homok					
Német nemzeti rendszer	0,002 0,063 0,125 0,63 2 mm							
	Agyag	Por	Finom		Közepes	Durva		Kavics
			Homok					
MSZ	Agyag	Por	Homok					Kavics
			Homokliszt		Finom		Durva	
		0,002	0,02	0,05		0,25		2 mm

Agyagos és/vagy vályogos rész csupán a homokszemcsék felületén mint bevonat, illetve a homokszemcsék közötti közökben található. Az így kialakított szerkezet nem duzzad és zsugorodik, továbbá nem jellemző a fagyhatásra kialakuló szerkezet. Szervesanyag-agyagásvány és szervesanyag-amorf, illetve kristályos szervetlen anyag komplexumok a homokszemeket csupán kismértékben tudják cementálni, kis stabilitású aggregátumokat kialakítva (Kay és Angers 2002).

3. 1. 3. A homoktalajok kedvezőtlen szerkezetének és pórusviszonyainak okai

A szerves és ásványi ragasztó, továbbá cementáló kolloidok hiányában a homoktalajok aggregálódása csekély mértékű. E talajokban nincsenek jelen a kedvező stabil szerkezetet mutató mikro- és makroaggregátumok. A talaj szilárd fázisát többségében elemi szemcsék alkotják, ezáltal a pórustér fogat kisebb. A pórustér fogat túlnyomóan nagyméretű pórusokat tartalmaz. Könnyű mechanikai összetételű talajok esetében a viszonylag nagyméretű elemi szemcsék között nagyméretű pórusok rendszere alakulhat ki, ezáltal e talajok víznyelő és vízvezető képessége általában nagy. A rosszul aggregálódott, többnyire gyengén lemezes szerkezetű homoktalajok tömörödéssre hajlamosak. Sok esetben térfogattömegük meghaladja a talajok átlagos térfogattömeg értékét és elérheti a $1,7 - 1,8 \text{ g/cm}^3$ -t. Ezáltal összpórozitásuk az optimális 50% helyett 40% alá csökken (Stefanovits et al, 1999). Megfigyelhető, hogy a felső néhány mm-es réteg cementálódott és/vagy tömörödött kéreg hoz létre. Hasonló cementált réteg(ek)et lehet megfigyelni a talaj mélyebb részein is. Ennek okai lehetnek mind természetes (CaCO_3 , szeszkvioxidok jelenléte), mind pedig emberi hatások (nem megfelelő időben, módon történő művelés, taposás negatív eredménye). E rétegek nagymértékben csökkenthetik, illetve lassíthatják a beszivárgást (Antal és Bacsó, 1978).

Felmerül a kérdés, hogy szerves-, illetve ásványi anyagok alkalmazásával javítható-e ez a kedvezőtlen állapot.

3. 1. 4. A homoktalajok vízgazdálkodási tulajdonságai

A homokos szövetű talajok víznyelő és vízvezető képessége általában nagy, kivételt képeznek az előző fejezetben tárgyalt esetek, amikor a tömörödött kéreg miatt nagymértékben lecsökken a be-, átszivárgás. Sajátos ellentmondásnak tűnik, hogy míg a felszínre került nedvesség lassan szivárog be a talajba, addig a talajba jutott nedvesség gyorsan átszivárog a szelvényen. A talajvízből történő nedvességpótlás is korlátozott, hisz a homoktalajok kapilláris pórustere csekély - főleg egyedi szemcsék közötti nagyméretű pórusokról beszélhetünk - továbbá a közbe rétegzett, vagy cementált szintek jelenléte nehezítheti a nedvesség mozgását. Mindezek azt jelentik, hogy a homoktalajok kevés hasznosítható vízkészlettel rendelkeznek (Várallyay, 1984). Stefanovits et al. (1999) és Fekete (2001) a következőként jellemzik a homoktalajok nedvességgazdálkodási értékeit térfogat %-ban (2. táblázat).

2. táblázat: A különböző fizikai féleségű talajok nedvességgazdálkodási értékei térfogat %-ban
(forrás: Stefanovits et al. 1999 és Fekete 2001)

Talaj fizikai félesége	VKsz	DV	HV
Homok	10	8	2
Homokos vályog	20	9	11
Vályog	31	16	15
Agyagos vályog	40	18	20
Agyag	45	13	33

Nedves időszakban a talaj amúgy is korlátozott raktere gyorsan telítődik, míg száraz időszakban a tározott vízmennyiség csekély ideig képes kielégíteni a növény igényeit (Várallyay, 1984).

Cserni és Füleký (2008) a Duna–Tisza közti homokhátságon végzett kutatásai szerint a klímaváltozás hatására a homokos szövetű talajok vannak leginkább kitéve a sivatagosodásnak, illetve a szárazulásból fakadóan a deflációnak.

3. 2. A hazai homoktalajok javítási lehetőségeinek rövid áttekintése

A homoktalajok javításának Magyarországon világhírű hagyományai vannak. A Nyírség területén az 1800-as években kezdődtek átfogó területhódítási és talajjavítási munkák, melyeknek célja a Rétköz lecsapolása (Belfő-csatorna), illetve a homokterületek belvízrendezése (Lónyai-csatorna) volt. E munkák hatására jelentős terület vált alkalmassá mind a növénytermesztés, mind az állattenyésztés számára. Ugyanakkor a lecsapolás hatására az eddig vizenyős területeket borító lápok a lápos réti talajok irányába fejlődtek, míg a talajvízszint csökkenésének hatására a homok háta kiszáradtak, így a homok mozgása élénkebbé vált. E folyamatot fokozta az egyre intenzívebbé váló mezőgazdasági termelés, valamint az a tény, hogy a homokban addig felhalmozott szervesanyag tartalom az átlegezőzottség hatására egyre csökkent, ami tovább erősítette a homokszemek mozgásának lehetőségét (A. Tóth, 1969).

3. 2. 1. Vetésváltás - zöldtrágyázás

Antal (1998) szerint a zöldtrágyázásnak napjainkban nem tulajdonítanak megfelelő fontosságot. Hasonló terméseredményt várnak tőle, mint az istállótrágyától, ugyanakkor nem számolnak a talajból felvett és megkötött tápanyagokkal – pillangósok esetében a légkörből megkötött nitrogénnel. A zöldtrágyázás kedvező hatással bír a talajok általános állapotára is. Westsik (1951/a) szerint az elővetemény gyökerei behálózzák a talajt, szerepet játszanak a szerkezet kialakításában, ezáltal befolyásolják a talaj, víz-, hő-, levegő- és tápanyag-gazdálkodását. Az

elővetemény elhalt gyökereinek mineralizációja jelentősen növeli a talaj tápanyag-szolgáltató képességét, és a tápanyagok abban a rétegben vannak jelen, ahonnan a növények fel tudják venni.

Bauer és Cserni (1993) 24 év eredményeinek birtokában arról számol be, hogy a zöldtrágyázás a műtrágyázás talajsavanyító hatását nem, vagy csak kismértékben képes pufferni.

Jellemző zöldtrágya növények:

A csillagfürt a Nyírségben és a Belső-Somogyban alapvetően elterjedt nitrogéngyűjtő zöldtrágyanövény. Jelentőségéről Kreybig (1944), Westsik (1951/b), Nyéki (1969) és Lazányi (1994) számos könyvben és tanulmányban beszámol.

A somkóró mészigényes pillangós, termesztéstechnológiája komoly tapasztalatot és odafigyelést igényel (Antal et al., 1966). Bauer és Cserni (1984/b) arra a megállapításra jutott somkórós vetésforgóban, hogy az 1-2 évente kijutatott foszfor mennyiség van legkedvezőbb hatással a vetésforgó terméseredményeire.

A rozsos szöszbükköny télen és tavasszal a szélverés ellen kitűnően véd. Takarmánynak lekaszálni és tarlóját elmunkálva („Kecskeméti módszer”) Bauer és Cserni (1984/a) jó eredményeket kapott.

Az olajretek rövid tenyészidejű és igénytelen. Hosszantartó, elhúzódó 3 éves kedvező hatása figyelemre méltó.

3. 2. 2. Istállótrágyázás

Az istállótrágya homokterületeinken a csekély állatlétszámból adódóan kis mennyiségben áll rendelkezésre, ezért kijuttatása különös gondot ró a gazdálkodóra, bár Kreybig 1944-es „A Tiszántúl” című munkájában arról ír, hogy a helyesen kezelt istállótrágya kijuttatása a csillagfürt vetése mellett az egyik legfontosabb eljárás a nyírségi homoktalajok „húmuszban való gyarapításában”. Nyéki (1969) burgonya esetében jelentős terméstöbbletet ír le. Nyáron a nem teljesen érett istállótrágya is kijuttatható hátrányos következmények nélkül, és jelentősen csökkenti a műtrágyázás talajsavanyító hatását is (Bauer és Cserni 1993).

3. 2. 3. Szalmatrágyázás

A Nyírség egyes részein találhatók olyan sivár futóhomok területek, melyeken a csillagfürt sem terem meg, csupán a rozs. Ezen területeken Kreybig (1944) a szalmatrágyázást javasolta a talaj szervesanyag tartalmának növelése érdekében, mint egyetlen célravezető módszert. A szalmatrágyázás lényege, hogy a nyers szalmát megfelelő mennyiségű műtrágyával és vízmennyiséggel „mesterséges istállótrágyává” erjesztik (komposztálják), majd a megfelelően „érett” szalmát a szükséges káli és foszfor műtrágya adagokkal a területen szétterítik, alászántják és

a nitrogént, mint fejtrágyát adják ki. Márton (1984) arra a megállapításra jutott 30 év szalmatrágyázás eredményeit figyelembe véve, hogy a szalmával való trágyázás hatására mind a termésátlagok, mind pedig a savanyú homoktalaj szervesanyag tartalma jelentősen növekszik. A Kárpát-medence éghajlata azonban nyáron száraz, sok esetben aszályos, ezért a legtöbb gazdaság nem tud olyan minőségben tarlót hántani, hogy a talaj kultúrállapota megfelelő legyen a lebontási folyamatok beindulásához és a talaj „beéredéséhez”. Emiatt a legtöbb esetben az alámunkált szalma- és gyökérmaradványok a talajban várják a kedvező feltételeket, hogy mineralizációjuk meginduljon. Ezért a gazdaságok nagy része a szalma bemunkálása helyett – tévesen - a tarlóégetésben látta a megoldást, ami a szervesanyagban amúgy is szegény talajok további elszegényedéséhez, szerkezeti degradációjához, termőképességének csökkenéséhez vezetett (Lazányi, 1994).

3. 2. 4. Műtrágyázás

A homoktalajok műtrágyázásáról rendelkezésre álló szakirodalom igen gazdag. Ebben a fejezetben a teljesség igénye nélkül válogatok a témában megjelent szakirodalmak közül. Talajaink műtrágyázása a 60-as évektől kezdve az akkori politikai és termelési értékrendnek, előírásoknak megfelelően igen nagy adagú volt. Az adagok sok esetben központilag voltak megállapítva, ezen intézkedések hatására az addigi tájba illesztett/illeszthető mezőgazdálkodási praktikák (istállótrágya, zöldtrágyanövények használata) háttérbe szorultak, ahogy erről Lakatos (1967) és Márton (1969) is beszámolt.

A műtrágyázásról elmondható, hogy számottevő savanyító hatásával a múltban és napjainkban is számolni lehet. Savanyú homoktalajokon tapasztalható savanyító hatásról Vass (1980/b), Kádár és Vass (1988), Szemes és Kádár (1990) Kádár és Szemes (1994) számol be, továbbá Bauer és Cserni (1993) is hasonló eredményekről ír karbonátos homoktalajokon.

A kijuttatandó műtrágya mennyiségek és azok különböző haszonnövények termésére gyakorolt hatásával kapcsolatban különböző szerzők között igen nagy eltérések vannak. A következőkben a teljesség igénye nélkül igyekszem felvázolni a szerzők eredményeit.

Márton már 1969-ben arról számolt be, hogy az akkor rendelkezésre álló irodalom különböző arányú NPK hatóanyagok kijuttatását tartja célravezetőnek. Míg Westsik (1951/a) a 2:1:1, addig Antal et al., (1966) 2:1:1,5-2,3 adagokat részesíti előnyben. A helyzetet tovább nehezíti, hogy az egyes szerzők a nitrogén kijuttatásának időpontjában sem tudtak egyezsége jutni. Márton vizsgálatai szerint a nitrogén nélkül kijuttatott foszfor és káli műtrágyázás termésnövekedést nem eredményezett, míg nitrogénnel kombinálva jelentős terméseredményt figyelt meg rozs és burgonya esetében is. Ugyanakkor felhívja a figyelmet, hogy a nitrogén trágyázás időpontjának helyes megválasztása mindenkor növényfüggő. Továbbá igazolta Lakatos

(1967) eredményeit, miszerint a nitrogéntrágyázás tekintet nélkül az alkalmazott N formákra mindenkor terméstöbbletet eredményez homokon. Hepp (1974) vizsgálódásai szerint a műtrágyázás kiegyenlítette a különböző kezelések (mélyművelés + szervesztrágyázás, sekélyművelés + szervesztrágyázás, zöldtrágyázás, kukoricaszár) hatását kukorica esetében, ugyanakkor mélyművelés és szervesztrágyázás, illetve somkóró, mint zöldtrágyanövény alkalmazása során a műtrágyázásnak nem volt szignifikáns termésmenvelő hatása burgonya és szudáni fű esetében sem. Műtrágya kezeléssel azonban a kontroll parcellához viszonyítva jelentős terméseredmény növekedés érhető el.

Kádár és Vass (1988) napraforgó esetében vizsgálta a műtrágyázás és a meszezés hatását. Kutatásaikból kitűnik, hogy az egyoldalú N műtrágyázás a legalacsonyabb hozamokat eredményezte, ez mondható el a NP és NK trágyázásról is, ellenben az együttes NPK trágyázás kiegészítve meszezéssel jelentősen növelte a kelést, a tányérátmérőt, a tányérfelületet, a növény magasságát, továbbá a növények ellenállóbbak lettek a *Sclerotinia sclerotiorum*-mal szemben.

Ugyanakkor Szemes és Kádár (1990) arról számol be, hogy mind burgonya, mind rozs, mind pedig búza esetében a növénytermesztés sikerét döntően a N ellátottság határozza meg, így N, NP, illetve NPK műtrágyázás akár meg is kétszerezheti a termést.

Homoktalajok termékenységének fokozása műtrágyázással nagyobb terhet ró az ott gazdálkodó emberekre, hiszen a homok kedvezőtlen fizikai és kémiai tulajdonságaiból adódóan nagyon sérülékeny lesz a talaj- növény rendszer. Ennek elkerülése végett Kádár (1999) a „Tápanyaggazdálkodás Magyarország homoktalajain” című munkájának végén okszerű és megszívlelésre érdemes gyakorlati és elméleti tanácsokat ad, amelyekben felsorolja az addig elért kísérletek eredményeit is.

3. 2. 5. Meszezés

Vass (1980/a, b) szabadföldi körülmények között végzett modellkísérletben vizsgálta a különböző meszező anyagok hatására bekövetkező pH_{KCl} , y_1 és kicserélhető Ca tartalom változásokat, illetve ezek hatását az oldható tápanyagokra savanyú homoktalajon a Nyírségben. Eredményei szerint az alkalmazott meszező anyagok hatására jelentősen javult a talajok kémiai állapota, valamint kicserélhető Ca tartalma, továbbá a meszezés hatására csökkent a talaj oldható N mennyisége, míg a P és K mennyisége megnőtt. Tatárné és Klenczner (1984) hat év után a kísérleti talajok újrameszezése során termésmenvekedésről, illetve a hidrolitos aciditás csökkenéséről számolt be. Hasonló eredményekről (burgonya termésmenvekedés, illetve aciditás csökkenés) számol be Balogh (1981) a nyírségi területek mészsizappal történő trágyázása után. Vizsgálatai szerint a mészsizappal történő kezelés csökkenti a mangán toxicitási tüneteket is.

Kádár és Vass (1988) Ca és Mg adagokat adva az NPK kezeléshez jelentős terméseredmény növekedésről számolt be napraforgó esetében, valamint a talaj pH_{KCl} is emelkedett, miközben a

felvehető P, K tartalom megduplázódott. Hasonló eredményeket kapott Kádár és Szemes (1994) mészkőpor és dolomit alkalmazása esetén burgonya – rozs, illetve burgonya – búza vetésváltás során.

A pozitív kémiai és termésmnövelő hatásokon túl Filep és Szili-Kovács (2005) a meszezés során megnövekedett mikrobiális aktivitást észlelt savanyú homoktalajokon.

A kutatások ebben az esetben is „csupán” a meszezés direkt hatására koncentrálnak, a talaj kémiai tulajdonságaiban bekövetkező pozitív változásokra és ebből kifolyólag a terméseredményben tapasztalható javulásra.

3. 2. 6. Tartós „réteges”, „Egerszegi-féle” homokjavítás

A módszer lényege, hogy a talajjavításra alkalmas anyagot általában 60 cm mélyre (Antal, 1965-1969) helyezik a talajba. Ez különböző rétegekben is kivitelezhető, az elérendő cél olyan mesterséges rétegzettség előállítása, amelyben 60–45–30 cm mélységben legalább 1cm vastag kolloidokban gazdag „csík” található (Stefanovits, 1977) oly módon, hogy a következő sekély művelések ne bolygassák, így a feltáródás üteme lassú és egyenletes. Fontos, hogy a felhasznált anyagok vízkapacitása nagyobb legyen, mint a homok vízkapacitása, illetve növény táplálási és mikrobiológiai szempontokat is figyelembe véve alkalmas legyen a tartós hatás kifejtésére. A felhasználható anyagok köre igen széles: istállótrágya; agyaggal-(bentonittal), tőzeggel kevert istállótrágya; agyagásvány alapú speciális talajjavító szerek (alginit, zeolit); gazdaságon belül előállítható komposztok; továbbá Antal (1957) szerint különböző zöldtrágyaféleségek is alkalmazhatók. Hepp (1968) vizsgálatai szerint istállótrágya, felszecskaázott leveles kukoricaszár illetve áttelelő fehervirágú somkóró első évi zöldtömegének talajjavító szerként való alkalmazása különböző mélységben kukorica és rozs esetében a termést önmagában nem emelte, viszont a talajállapotot javította.

Ezzel szemben Láng (1961) jelentős terméseredmény növekedést tapasztalt mind kukorica, burgonya, őszi rozs, mind pedig homoki bab kultúrában nyírségi savanyú homoktalajon. A kezelés tartamhatása 4-6 évre is kiterjedhet.

Az „altalajtrágyázott” talajokon Egerszegi (1953) meghatározta a talajnedvességet. Kutatásai szerint jelentős javulás mutatható ki a kezelés hatására a talajok nedvesség tartalmában még a 75 cm-es mélységben is. Klimes-Szmik (1954, 1955) laboratóriumi és szabadföldi körülmények között vizsgálta a talajok kapilláris vízemelését, Hy értékét, vízáteresztését, VKmin, HV, és VKsz értékét. Méréseik szerint a kezelés mind laboratóriumi, mind szabadföldi körülmények között javulást eredményezett a talajok vízgazdálkodási tulajdonságaiban. (Egerszegi 1953, 1958, 1962, 1971).

A módszert az Egyesült Arab Köztársaságban is alkalmazták. Pozitív termés-, illetve talajnedvesség növelő hatásáról Makled (1967) majd Sabet és munkatársai (1971) számolnak be sivatagi körülmények között.

A réteges homokjavítás a gyakorlatban nem terjedt el részben a szükséges szervesanyag hiánya, részben pedig a mély talajforgatás miatt, illetve a 60-as 70-es években tapasztalható nagymértékű műtrágya hatóanyag felhasználás miatt. A módszer elméleti megalapozása mérőföldkőnek tekinthető a homokjavításban.

3. 2. 7. Homoktalajok javítása helyben fellelhető ásványi/szervesanyagokkal

A homoktalaj tözezes lápföldes trágyázásának lényege, hogy felaprított tőzeget, majd istállótrágyát és műtrágyát szórnak a talaj felszínére és mindezt 20-35 cm mélyen aláforgatják (Antal, 1965-1969). Stefanovits és Fekete (1984) vizsgálatai szerint (hy_1 , Vk_{min} , Vk_{kap} , Vk_{max} , differenciált porozitás) a kezelés nagymértékben javítja a talajok víztartó képességét, illetve megfelelő istállótrágya adagokkal kiegészítve a kezelést javul a talaj P tartalma és K megkötő képessége. A N esetében ezzel szemben csak csekély gyarapodást észleltek. Az eljárás ott javasolt, ahol a kitermelendő lápföld a javítandó homoktalajok közelében található.

Hasonló vizsgálatokat végzett Zentay és Gerei (1989) tőzeg-lápfölddel és helyben fellelhető javítóanyaggal Duna-Tisza közti meszes homoktalajon. Jelentős javulásról számoltak be a talajok agyag százalék növekedésében és adszorpciós kapacitásában.

A globális felmelegedés korában talajaink szerves szén tartalmának egyik, ha nem a legfontosabb raktározói a szerves talajok. E talajok kitermelése során, oxidációjukkal tovább növekszik a légkör széndioxid tartalma, illetve ökológiai szempontból kiemelkedően fontos vizes élőhelyek szűnnek meg. Ma Magyarországon a láptalajok „ex lege” védettek a Természetvédelmi törvény által (1996. LIII, törvény).

Prettenhoffer (1981) szerint célravezető módszer a homokos területek közelében helyben kitermelhető nagy agyag- és szervesanyag tartalmú anyagok felhasználása. Kísérletei során Csongrád megyében jelentős terméseredmény javulást figyelt meg réti talaj felső 80 cm-es rétegének elterítése után futóhomokon. Vizsgálatai szerint a leiszapolható rész a kezdeti 3%-ról 11%-ra nőtt. Ugyanakkor felhívja a figyelmet arra, hogy ez a módszer csak ott alkalmazható jövedelmezően, ahol ezen anyagok 500 m-es távolságon belül fordulnak elő.

Dömsödi (1984) munkája során feltérképezte és megszerkesztette a helyben kitermelhető „javítóanyag-lelőhelyeket”.

Köhler (1984) javasolta a komposzthoz kevert „agyagos földet”, mint a homoktalajok megkötésére és tápanyag-utánpótlására alkalmas módszert. Újabb kutatásai során bentonit meddőt, illetve riolit tufa örleménnyel komposztált szervesstrágyát juttatott ki mind szántóföldi, mind

kertészeti kultúrákban. A kezelések hatására nagyobb terméseredményekről és biztonságosabb kelésről számol be, továbbá leírja a kezelt talajokban bekövetkezett talajnedvesség és kötöttségbeli javuláson túl, a talajokban tapasztalható pH javulást, szervesanyag és talajmikroba csíraszám növekedést is (Köhler, 1989, 2003).

A 2000-es évek elejétől a Debreceni Egyetem Agrárcentrumának Nyíregyházi Kutatóközpontjában és Kisvárdán kispercellás kísérleteket végeznek bentonit, illetve fermentált szennyvíziszap komposztok homoktalajokra gyakorolt hatására irányulóan. A különböző nagy adagú (10-15 t/ha) bentonit kezelések tendenciájukban növelik a terméseredményt és a talaj biológiai aktivitását is. A kijutatott szennyvíziszap komposztok növelték a terméseredményeket, a talaj biológiai aktivitását, de nem növelték a talaj nehézfém tartalmát (Makádi et al. 2006; Tomócsik et al. 2006).

3. 2. 8. Homoktalajok szerkezetének javítása mesterséges adalékanyagokkal

A módszert az 1950-es években dolgozták ki, miszerint a gyengén szerkezetes talajokhoz valamilyen szintetikus úton előállított talajkondicionáló szert adnak. Ez a legtöbb esetben kalcium hidroxidot, vinil-acetátot és metilésztert (VAMA), illetve hidrolizált akril-nitrilt (HPAN) tartalmaz.

Számos szerző - Hedrick és Mowry (1952), Mortensen és Martin (1956), Wahab et al., (1956), Allison (1957) számol be e szerek hatására bekövetkező pozitív kémiai és fizikai változásokról (növekvő T-érték, szerkezetképző hatás, jobb vízgazdálkodási tulajdonságok). A kezelt talajokon nagyobb terméseredményeket is mértek. Belgiumban Gabriels et al. (1974) laboratóriumi körülmények között vizsgálták szintetikus talajkondicionáló szerek hatását dűne homok megkötésére.

Hazánkban is történtek hasonló vizsgálatok, amelyek Kazó (1958) nevéhez fűződnek. Vizsgálatai szerint nem elegendő csupán e szerek használata, hanem ásványi anyagot, bentonitot is kell 1-3%-ban az anyaghoz keverni. Mérései szerint az így kezelt talajok morzsa- törési szilárdsága jelentősen javult. Gáti és Kazó (1965) tovább fejlesztette a módszert úgy, hogy agyag-humusz-polimereket (AHP) hoztak létre és ezt juttatták a talajba kiegészítve műtrágyakezelésekkel. Méréseik szerint a legjobb terméseredményt a két kezelés (műtrágyázás+AHP) együttes hatása adta. Stefanovits (1971) az öntözés előtti terepegyengetés és erodált területek öntözése esetén alkalmazott szerkezettartósító anyagokat.

Stefanovits et al. (1977) mint lehetséges megoldást javasolja a bitument, gumigyári hulladékot is. A módszerek hátránya, hogy nem tudjuk pontosan azt, hogy a felhasznált szintetikus anyagok lebomlásuk során milyen a környezetre veszélyes átalakulási formákon, folyamatokon mennek keresztül. Ezen anyagok iparszerű felhasználása a mai gazdasági és környezetvédelmi háttér mellett nem javasolt.

3. 2. 9. Homoktalajok javítása hígtrágya, barnaszén, zeolit dezaggregátumokkal

A hígtrágya hazánkban a nagyüzemi, szakosított állattartótelepek létrehozásával jelent meg, történelmi háttér és tapasztalat nélkül az 1970-es évektől kezdve. Ezzel szemben Thaer a hígtrágyáról már az 1800-as évek elején mint Németországban komoly történeti háttérrel rendelkező anyagról tesz említést, melyet főleg a homoktalajok lazaságát ellensúlyozó trágyázási módszerként alkalmaznak, ugyanakkor felhívja a figyelmet a hígtrágya helyes, elfolyásmentes tárolására is (Thaer, 1809-1821).

Az állattartótelepek zömén a keletkezett hígtrágya kezelése és felhasználása nem volt megoldható a hagyományos eszközökkel, így a mezőgazdálkodás egyik jelentős tehertételévé vált, amelynek orvoslását abban látták, hogy szennyvíznek tekintették és a szennyvizekre hatályos rendeletek vonatkoztak rájuk. Elsődlegesen tisztítási módszerek bevezetésével akartak a helyzeten javítani (Csaba et al, 1978). A helyzet napjainkra sem sokat változott, hiszen a gyakorlatban elterjedt mai magyar rendeletek/műszaki irányelvek is hasonlóan szennyvíznek tekintik, és mint szennyvizet kezelik a hígtrágyát. (MI-08-1735-1990 „Ágazati Műszaki Irányelv szennyvizek és szennyvíziszapok termőföldön történő elhelyezéséről”; 2/2000. (I.18.) FVM-KöM együttes rendelete.” A talajjavításhoz és a tápanyag-utánpótláshoz, a növények kondicionálásához valamint a kártevők és betegségek elleni védekezéshez kivételesen - az ellenőrző szervezet egyetértésével - használható anyagok és felhasználásuk feltételei”; 50/2001. (IV.3.) kormány rendelet: „A szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól”).

A hígtrágyák mezőgazdasági felhasználása napjainkban a megyei Növény- és Talajvédelmi Szolgálatok által kiadott engedélyhez kötött, a hígtrágya elhelyezésére szolgáló létesítmények építésére valamint korszerűsítésére az Európai Unióba történő belépésünket követően mind hazai, mind uniós források rendelkezésre állnak. Pálmai 2005-ben Velencén tartott előadásában felhívta a figyelmet arra, hogy évente mintegy 11 millió m³ hígtrágya keletkezik, ez a mennyiség körülbelül 80.000 ha-nyi földterület trágyázására lenne elegendő, azonban az elmúlt években csupán 46.000 ha-nyi területre való elhelyezésre adtak a hatóságok engedélyt. Szerinte alig van szennyezéstől mentes tároló és ezek kiépítésének költsége a 2001-es adatokkal számítva mintegy 8 milliárd forint lenne. Felmerül a kérdés, hogy a hígtrágya valóban csupán a mezőgazdasági termelés egyik – legfontosabb- környezetkárosító eleme, vagy értékes tápanyag utánpótlás is lehetne.

A hígtrágya az almozás nélküli állattartás mellékterméke, amely folyékony halmazállapotú bélsárból, vizeletből, elcsurgó ivóvízből, csurgalék vízből, technológiai vízből illetve egyéb szennyezőanyagokból áll. Az előbbiekből kitűnik, hogy több fázisú heterogén rendszer, hordozóanyaga a víz melyben különböző méretű (molekuláristól a több centiméteresig) különféle szerves és szervetlen anyagok találhatók. Rendelkezik az oldatokra, kolloid rendszerekre és a durva diszperz rendszerekre jellemző tulajdonságokkal is. Kémiai tulajdonságai, összetétele

nagymértékben függ az állat fajtától, nemétől, korától, az ivóvíz mennyiségétől, minőségétől és a takarmány összetételétől is (Csávás et al., 1975).

A hígtrágyák minőségi vizsgálatát szintén műszaki irányelvek, valamint jogszabályok határozzák meg (MI-08-1735-1990 „Ágazati Műszaki Irányelv szennyvizek és szennyvíziszapok termőföldön történő elhelyezéséről”; 2/2000 (I.18.) FVM-KöM együttes rendelete „A talajjavításhoz és a tápanyag-utánpótláshoz, a növények kondicionálásához, valamint a kártevők és betegségek elleni védekezéshez kivételesen - az ellenőrző szervezet egyetértésével - használható anyagok és felhasználásuk feltételei”; 50/2001. (IV.3.) kormány rendelet „A szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól”).

Hazánkban számtalan hígtrágya hasznosítási módszer terjedt el, illetve sok esetben csupán kísérleti jelleggel próbálkoztak különböző módszerek alkalmazásának lehetőségével. Sípos és Racskó (2005) felhívja a figyelmet arra, hogy elengedhetetlenül fontos a kezelés és a hasznosítás megoldása, mert a nem helyesen kezelt és hasznosított hígtrágya komoly környezetvédelmi gondot okoz.

A leggyakoribb és legegyszerűbb eljárás a fázisbontás nélküli, talajon történő elhelyezés (Csaba et al, 1978).

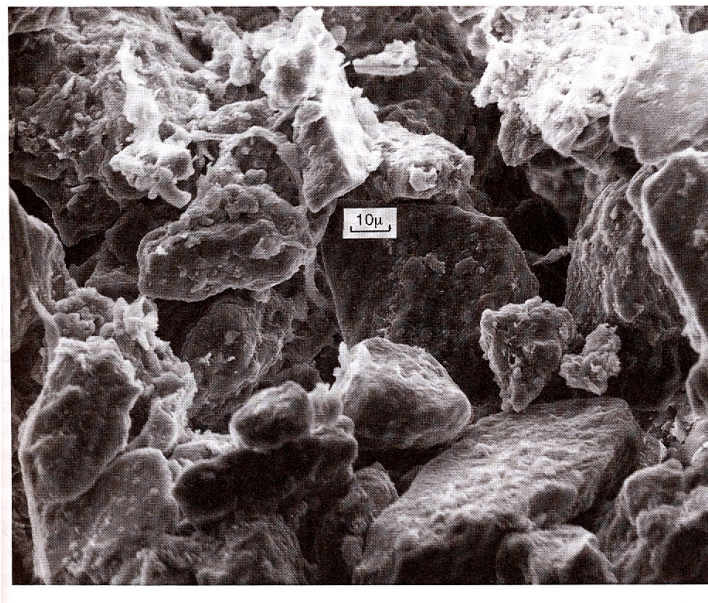
Az Európai Unióban főleg azokban az országokban, ahol a hígtrágyázásnak komoly hagyományai vannak, egyre inkább előtérbe kerül a feldolgozás: komposztálás, pellet gyártás és biogázüzemi felhasználás (Workshop on Manure Processing and Nutrient Management Including Solutions for End Products, 2006). Napjaink fokozódó energia árai hazánkban is egyre jobban előtérbe hozzák a biomassza égetését, illetve alternatív energiaformák használatát, így a hígtrágyából keletkezett metán égetését is, amely hozzájárulhat kisebb gazdaságok energiaellátásához. Mind az Európai Unió, mind a hazai pályázati lehetőségek mellett is azonban az ilyen biogáz égetésen alapuló üzem bekerülési költsége nagyon magas (Petis 2004).

A talajjavítási módszer lényege, hogy a hígtrágyát különböző szervesanyag hordozókkal (tüzelésre alkalmatlan barnaszén, lignit, szalma, szén meddők anyaga) illetve nagy adszorpciós képességű anyaggal (zeolit) sűrítik, majd nedvesen megőrlik (dezaggregálják) (Kazó et al, 1983). Vizsgálataik szerint a módszer alkalmazása során jelentősen nő a talajok termékenysége, szervesanyag tartalma, leiszapolható része, nagymértékben javul a homoktalajok szerkezete és ezzel együtt a víz- és tápanyag-gazdálkodási tulajdonságai (víztartóképeség, beszivárgás, telített vízvezetés). Ezt a tényt, mind elektromikroszkópos felvételek, mind pedig reológiai mérések igazolták. Ugyanakkor a szerzők nem közölték részletesen a mérések menetét, sem az eredményeket (Kazó et al, 1981, 1982, 1983; Kazó, 1981).

A talajok szerkezetének kialakításában, főleg a homoktalajok esetében fontos a kolloidok minősége és mennyisége. A következő részben áttekintem a talajszerkezet kialakulását, a kialakulásért felelős anyagokat, továbbá a talaj szerkezetessége mérésének lehetőségét.

3. 3. A talajszerkezet kialakulása

Talajszerkezeten a talajt alkotó ásványi és szerves részekből különböző erők, folyamatok hatására létrejövő anyaghalmazoknak az alakjuk és nagyságuk által megszabott térbeli elrendeződését értjük (di Gléria et al, 1957; Troeh és Thompson, 1993), ennek fotója látható a 3. ábrán.



3. ábra: A talajrészecskék természetes elhelyezkedése (forrás: Steve Thien in Troeh és Thompson, 1993)

A talajokban csak ritkán fordul elő, hogy a talajt felépítő elemi részek, szemcsék egymástól távol, függetlenül helyezkednek el. A legtöbb esetben ezek a különálló szemcsék különböző erők, folyamatok hatására kisebb-nagyobb halmazokká (aggregátumokká) egyesülnek, kialakítva a talaj szerkezetét (Kay és Angers, 2002).

A talajszerkezet három fázisban alakul ki a koagulumok, mikroaggregátumok és aggregátumok képződése folyamán (Stefanovits, 1992). Tisdall és Oades szerint (1982) a talajszerkezet kialakulása különböző lépéseken megy keresztül, ahol más és más kötőanyagok játszanak kitüntetett szerepet. Ezt a folyamatot nevezik hierarchikus szerkezet képződésnek. A mikroaggregátumok makroaggregátumokká állnak össze, de a mikroaggregátumokon belül lévő kapcsolatok mindig jóval erősebbek, mint a mikroaggregátumok közöttiek (Bronick és Lal 2005).

Az első lépés az „agyag mikrostruktúra (<20 μm) kialakulása, ahol csupán az agyagásványok rendeződnek össze fizikai-kémiai tulajdonságaiknak megfelelően (Waters és Oades, 1991). A koaguláció során a kolloid részecskék nagyobb részecskékké (másodrendű részecskékké,

koagulumokká) tömörülnek, állnak össze (di Gléria in 'Sigmond, 1934). Koagulálás bekövetkezhet koagulátorok hozzáadásakor (leggyakrabban különböző elektrolit oldatok), illetve két kolloid oldat kölcsönhatásaként, továbbá mechanikus, elektromos, termikus úton vagy sugárzó energia hatására is (di Gléria et al, 1957). A talajban a flokkuláció illetve a keletkezett koagulum tartóssága és minősége mindig függ a talajalkotók töltésviszonyaitól (Singh és Uehara 2000).

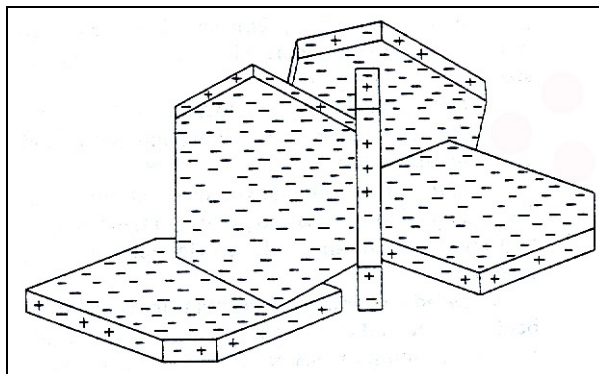
A következő lépés a mikroaggregátumok kialakulása (20-250 μm) ahol az egyedi szemcsékből, a szervesanyag–agyag–kation kapcsolatok a kolloid anyagok ragasztóhatására jönnek létre. A mikroaggregátumok képződésében fontos szerepet játszik az egyedi szemcsék minősége is (Kay és Angers, 2002).

Végül a mikroaggregátumok egymással és a vázrészekkel is kapcsolódva alakítják ki a makroaggregátumokat (>250 μm), ahol a gombafonalak és a hajszálgökök válnak az elsődleges aggregáló tényezővé (Stevenson 1982; Waters és Oades, 1991; Bronick és Lal 2005).

3. 3. 1. A talajszerkezet kialakításért felelős legfontosabb anyagok

3. 3. 1. 1. Agyagászványok

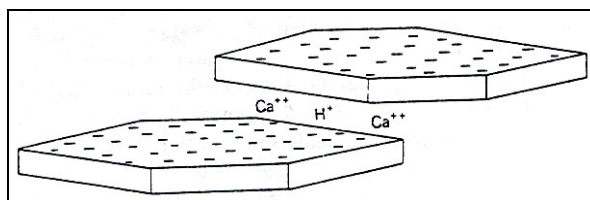
A talajban a legnagyobb mennyiségben ásványi kolloidok találhatók, amelyek aprók, lemez alakúak. A lap–laphoz kapcsolódás esetén vastag lapkötegek alakulnak ki, a lemezek peptizált állapotban külön állnak egymástól. Lap illeszkedhet élhez, illetve él illeszkedhet élhez a felületi töltés különbségek miatt (kártyavár struktúra) (4. ábra). Az utóbbi két esetben a tér három irányában fejlett tágas, sejtszerű szerkezet alakul ki (Troeh és Thompson 1993).



4. ábra: Agyagászványok él - lap összekapcsolódása a „kártyavár struktúra”.

(forrás: Troeh és Thompson, 1993)

A 2-3 értékű kationok adszorbeálódhatnak az agyagászványok negatív töltésein, hídként összekapcsolva a negatív töltésű lemezeket (5. ábra) (Stefanovits 1991, 1992; Troeh és Thompson, 1993).



5. ábra: Agyagásványok összekapcsolódása kation hidakkal (forrás: Troeh és Thompson, 1993)

Agyagásványok esetében a van der Waals erők játszanak szerepet a vázrészek összeragasztásában (Singh és Uehara, 2000).

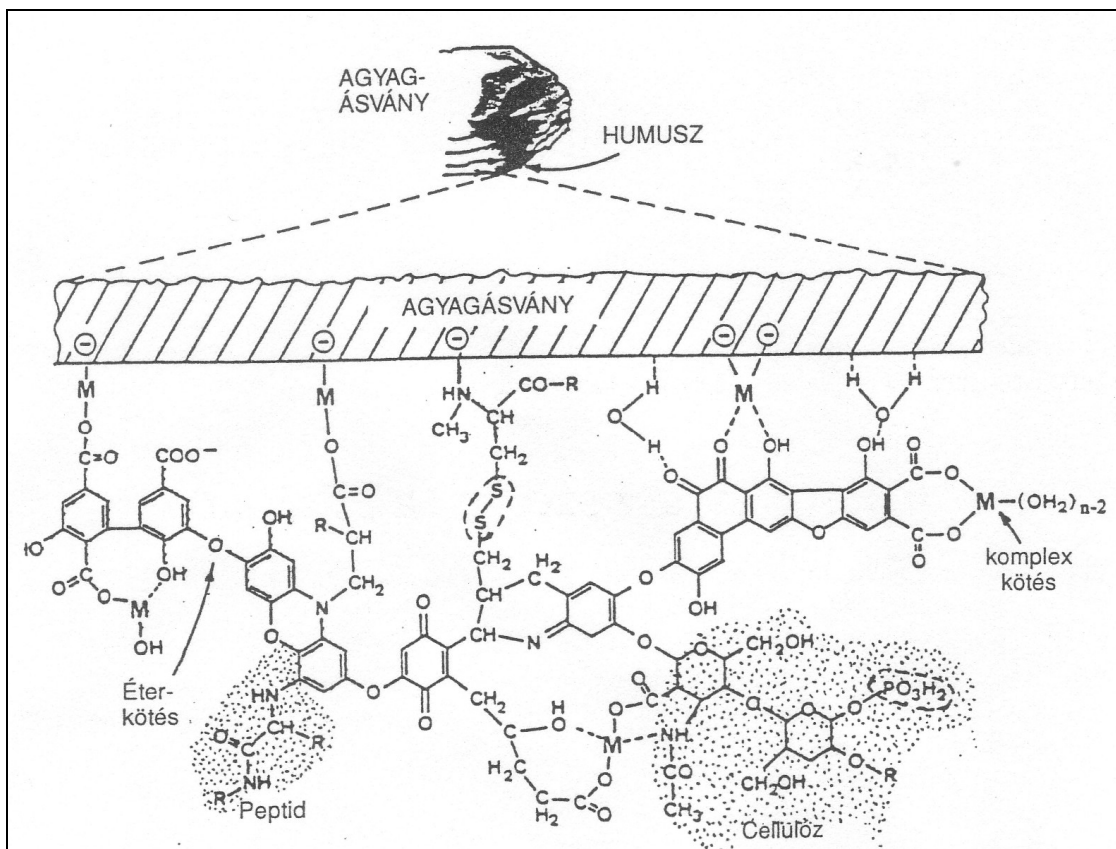
Az agyagos rész arányának növekedésével a talajok aggregátum stabilitása is növekszik, mert az agyagos rész alakítja ki a talaj mikrostruktúráját (Marshall et al., 1996). 30%-nyi agyagos rész fölött Rengasamy et al. (1984) szerint a talajok fizikai tulajdonságait már nem az agyagos rész mennyisége, hanem minősége határozza meg.

3. 3. 1. 2. Szervesanyag

A talajok szervesanyag tartalma jelentősen befolyásolja a képződő aggregátumok tartósságát. Volk és Hensel (1969) homoktalajok esetében beszámol arról, hogy a szervesanyag bevonatok a homokszemcsék felületén nagyban hozzájárulnak a szerkezetképződéshez. Greenland és munkatársai (1975) megfigyelték homoktalajokban, hogy a 2 % alatti szerves szén tartalom esetében a talaj aggregátumok nem stabilak, 2-2,5 % között az aggregátumok közepesen stabilak, míg 2,5% felett stabilak. Ugyanakkor 2 % szervesanyag tartalomig a szervesanyag tartalom növekedésével a talajok szerkezetképződése rohamosan növekszik (Marshall et al., 1996).

A szervesanyag tartalom túl a szerkezetképződést nagyban befolyásolja a szervesanyag minősége is, ami meghatározza töltését, komplexképző képességét, lebomlási sebességét, amelyek közvetve, de hatással vannak az aggregálódásra. A nem stabil szervesanyagok gyors, bár nem tartós kötéseket alakítanak ki, ezzel szemben a lassabban lebomló szervesanyagok lassabban alakítják ki a szerkezetet, de az jóval tartósabb lesz. Bronick és Lal (2005) ezt azzal magyarázza, hogy így több idő jut a mikroorganizmusok élettevékenységére, ami folyamatos szénhidrát és poliszacharid termeléssel jár és ezek a szervesanyagok felszíneken adszorbeálva kötőanyagként viselkednek.

A szerves savak, mint a fulvo-, és huminsavak nagy felületüknek köszönhetően kation hidakkal a szervesanyag, többnyire agyagásvány felületekhez kapcsolódnak, bevonják azokat, újabb kapcsolódási pontokat alakítva ki így a szerkezetképződés számára (Tarchitzky et al., 2000). A humuszanyagok agyagásványokkal történő kapcsolódásának lehetséges módját mutatja be a harmadik ábra (Stevenson (1994) nyomán Fülek, in Stefanovits et al., 1999).



6. ábra: A szerves-ásványi komplex felépítésének sémája (forrás: Stevenson (1994) nyomán Fülek, in Stefanovits et al., 1999).

Hasonló eredményekről számolnak be Tombácz és munkatársai, akik tömény agyagásvány szuszpenziók és szervesanyagok koagulációját és kolloid stabilitását vizsgálták (Tombácz et al., 1981, 1984, 1986, 1990).

3. 3. 1. 3. Kationok

A talajban a többértékű kationoknak erős flokkuláló hatása van (Bever és Marshall, 1951). Stevenson (1994) rangsorolta a talajban található kationokat flokkulálási erősségük alapján. Greenland (1975) szerint az Al mint kation híd erős kötést tud létre hozni a negatív töltésű szervesanyag és agyagásványok között. Castro Fillo és Logan (1998) szerint alacsony pH tartományban főleg az Al és Fe ionok játszanak döntő szerepet a kation hidak kialakításában, míg 5,4 pH fölött a Ca és Mg válik a fő kötőanyaggá, mivel a talajoldatban lévő koncentrációjuk megnövekszik.

Alacsony pH tartományban mozgékony kation-szervesanyag komplexumok keletkezhetnek, amelyek a talaj mélyebb szintjeiben kicsapódhatnak. A komplexumban lévő szervesanyag a mikrobiális lebontásnak jobban ellenáll (Bronick és Lal, 2005).

3. 3. 1. 4. Biológiai tevékenység

A szerkezet alakításban a talajok biológiai állapotának is fontos szerepe van. A különböző mérettartományba eső élőlények egymásra épülve, egymás után játszanak szerepet a talajszerkezet kialakításában.

A mikrobák három lépésben fejtik ki hatásukat a talajszerkezet kialakításában: közvetlenül részt vesznek az elemek összekapcsolásában, a szervesanyag lebontása során kötőanyagokat termelnek, illetve lebomlásuk során tápanyagot szolgáltatnak a többi mikrobának (Kay és Angers, 2002). Tisdall és munkatársai (1997) szerint a gombafonalak közvetlenül összekapcsolják a mechanikai elemeket, illetve poliszacharidokat és lipideket termelnek, melyek ragasztóanyagként szolgálnak. A baktériumok méretüknél fogva nem játszanak közvetlen szerepet a talajszerkezet kialakításában, ugyanakkor a szervesanyagok lebontása során ragasztóanyagokat (poliszacharidokat) termelnek.

A gyökerek is képesek a vázrészek közvetlen összekapcsolására, amit a rajtuk élő mikrobák tovább segítenek közvetett módon (Tisdall és Oades, 1979).

A talajfaunából ki kell emelni a földigiliszták szerepét, hiszen azon túl, hogy növelik a talaj szerves szén tartalmát, enzimeik közvetlenül részt vesznek a talajszerkezet kialakításában (Bronick és Lal, 2005). Az ENVASSO EU FP-6-os pályázat a földigilisztákat javasolja, mint a talaj biodiverzitás csökkenés monitorozására alkalmas egyik élőlényt (Jones és Verheijen, 2007).

3. 4. Talajok szerkezeti vizsgálata

A talajok szerkezetének vizsgálatára számos módszer terjedt el. A technika, technológia fejlődésével e módszerek is változáson, változásokon mentek át. A talaj szerkezetességének vizsgálata történhet mind terepen, mind laboratóriumi körülmények között. Alapvetően a talaj szerkezetességének leírásához három tényező szükséges: a talajszerkezet kialakulásának mértéke, a szerkezet típusa és műveléssel illetve vízzel szembeni ellenállósága (Buzás, 1993).

A talajszerkezet meghatározása nem minden esetben ad megfelelő képet a talaj szerkezeti állapotáról, mert a talajszerkezet időben változó paraméter. Az aggregátum stabilitási vizsgálat nem más, mint a talaj sérülékenységének vizsgálata különböző erők hatására. Pontosabban, kifejezi a talaj szerkezeti elemei ellenállásának mértékét az őket érő erőhatással szemben (Hillel, 1998).

3. 4. 1 Vizuális, terepi talajszerkezeti vizsgálatok

A helyszíni vizsgálatok az 1950-es évektől kezdve gyakorlatilag csak kismértékben változtak. A vizsgálatok alapja az érzékszervi megítélés. A különböző rendszerek egymáshoz nagyon hasonlítanak, az adott kategóriák, illetve fokozatok azonban a rendszerek között eltérhetnek.

Buzás (1993) a szerkezetességet nézve megkülönbözteti a szerkezet nélküli és a szerkezetes talajt. A szerkezet nélküli talajban a szerkezeti elemek nem figyelhetők meg. Ez lehet tömött, vagy poros. Szerkezetes talaj esetében a következő fokozatokat említi: gyengén szerkezetes, közepesen szerkezetes, illetve erősen szerkezetes talaj. Mind a FAO módszerkönyv, mind az European Soil Visual Assessment Guideline hasonló kategóriákat említ (FAO, 2006; Houskova et al., 2007).

A szerkezeti elemek méretében a különböző módszerkönyvek között már kisebb eltérések vannak.

A szerkezeti elemek térbeli kiterjedése alapján a módszerkönyvek azonos alakú elemekről számolnak be.

Németországban elterjedt módszer a Packungsdichte (PD) meghatározása, ami elsősorban a talajszerkezet állapotának értékelését foglalja magában. A PD egyes fokozatainak meghatározásával képet kapunk a talaj tömörségéről vagy lazaságáról, ami számos más talajállapot jellemzőt foglal magában, úgymint az összporozitást, a növények gyökerező, a talaj vízbefogadó és vízáteresztő képességét. A PD meghatározásával további információkat kapunk a talaj szemcseösszetételéről és nedvességi állapotáról is (Bucsi, 2008).

3. 4. 2 Laboratóriumi talajszerkezeti vizsgálatok

A laboratóriumi vizsgálatok közül talán a legrégebbi és legelterjedtebb vizsgálati módszer a **talajaggregátumok vízállóságának meghatározása nedves szítalással**. Már az 1950-es években elterjedt módszernek számított, de sem standardizált leírás, sem határérték tartomány nem volt kidolgozva (De Boodt et al., 1961). A vizsgált paraméterek a következők voltak: közepes átmérő, geometriai átlag, számtani átlag, illetve a súlyozott átlag átmérő változás (De Boodt et al., 1961).

Stefanovits (1970) már csak a **közepes átmérőt** vizsgálta. Vizsgálata során a következő módszert alkalmazta: 3-5 mm nagyságú szerkezeti elemeket üveghengerbe áztatott, majd egyórás áztatás után tízszer fel és visszafordította a hengert, és az aggregátumokat szitasorra úsztatta. A szitasoron 30-szori vízöblítést végzett. A szitasor a következő szítaméretekből állt: 2 - 4 mm, 1 - 2 mm, 0,5 – 1 mm, 0,25 – 0,5 mm.

Buzás (1993) Dvoracsekre és Klimes-Szmik-re hivatkozva csak a 3-5 mm-es morzsafrakciót méri be. A mérés módszere hasonló az előzőhöz, ugyanakkor a szitasorok mérete 5 mm, 3 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm –es. A sorozatos vizsgálatok elvégzésére Klimes-Szmik és Dvoracsek módosította a Meyer – Rennenkampff – féle készüléket, melynek lényege, hogy a szitasor mozdulatlan és a felfelé és lefelé mozgó vízoszlop különíti el nagyság szerint a morzsákat (Ballenegger és di Gléria, 1962).

Napjainkban is a **nedves szítálás** az elfogadott módszer, kidolgozása Kemper és Koch nevéhez fűződik. A műszerben változtatható a rázás amplitúdója, frekvenciája, a szíták mérete, a

meghatározandó aggregátumok mérete és a szítási idő is (Kemper és Rosenau, 1986). A vízálló aggregátumok tömegének meghatározásakor a második szítálás után a szítán fennmaradt vízálló szerkezeti elemek tömegéből ki kell vonni a szítán fennmaradó homok tömegét (Hillel, 1998).

Egyszerű módszer a talajok szerkezeti jellemzésére a **talajszerkezeti elemek vízállóságának meghatározása 'Sekera módszerével**. Ez főleg agronómiai szempontból jelentős. A módszer lényege, hogy 10–15 darab 1–3 mm-es légszáraz talajmorzsát tesznek milliméter papíron lévő egyenes aljú petricsészébe, majd 10 cm³ ionmentes vizet öntenek rá és 10 perc elteltével óvatos mozgatással elősegítik a morzsák szétesését, majd a szétiszapolás foka, a szétiszapolódás képe alapján jellemzik azokat (Buzás 1993).

Hasonló a McCalla által 1944-ben kidolgozott módszer, melynek lényege, hogy a talajszerkezeti elemeket büretta alá helyezve csepegtetik vízzel (5 csepp/perc), és a csepegtetést addig folytatják míg szét nem mosódik az aggregátum (Arshed et al., 1996).

A tudomány fejlődésével újabb bonyolultabb technikák jelentek meg a talajok szerkezetességének jellemzésére.

Talán a legújabb módszer az **elektromos ellenálláson alapuló vizsgálat**. A mérés lényege, hogy nem rombolja a szerkezeti elemeket, hanem azt a tényt veszi alapul, hogy az elektromos ellenálló képesség csökken a talaj tömörödöttségének növekedésével, mivel minél tömörebb egy talaj, annál kevesebb nedvességet képes raktározni (Richard et al., 2006). A módszert mind laboratóriumi, mind terepi körülmények között használják. A módszer alkalmazása során új kihívást jelent annak térbeli, háromdimenziós alkalmazása.

A **nagy energiájú nedvesítés módszer (HEMC)** alkalmazásakor a szerkezeti elemeket jól meghatározott, pontos nedvesség mennyiséggel rombolják, iszapolják szét. A módszerrel jól jellemezhető mind a száraz, mind a nedves klíma talajainak aggregátum stabilitása. A mérés lényege, hogy az aggregátum stabilitást (SR) a lassú (SI slow) és gyors nedvesítés (SI fast) során bekövetkező pórus eloszlásból számolja ($SR = SI_{fast} / SI_{slow}$). A szerkezetességi index a természetesen kiürülő és a kiszivattyúzott pórusok arányából számítható ki (Norton et al., 2006).

Légszáraz talajok húzószilárdsága talán a legmegbízhatóbb tulajdonság a talajok aggregátum szilárdságának becslésében. A módszer lényege, hogy a légszáraz szerkezeti elemeket nyomásnak teszik ki, és megméri, hogy mekkora nyomás hatására reped meg, illetve törik szét a szerkezeti elem (Safadoust et al., 2006).

3. 5. A talajok konzisztenciája

A talaj konzisztenciáját Russel így jellemzi: „a kohéziós és adhéziós, fizikai természetű erők érvényesülése a talajban, annak különböző nedvességi állapotaiban.”

Ezen erők határozzák meg először is a talajtömeg viselkedését a gravitációval, nyomással, dörzsöléssel (morzsolással), ütéssel szemben; másodszer a talajnak azt a hajlandóságát, hogy idegen testekhez, vagy anyagokhoz tapad; és harmadszor a megfigyelő érzékszervei, elsősorban ujjai (tapintószervei) által szerzett benyomásokat (di Gléria et al., 1957). A konzisztencia nem más, mint a talajok mechanikai stresszel szembeni ellenállása különböző nedvességi állapotokban (www.wikianswers.com).

Atterberg a talajokat nedvességi állapotuk alapján négy egységbe sorolta. A határok átmenetét a következő mutatók alapján határozta meg: **folyási határ, sodrási, képlékenységi határ és zsugorodási határ valamint a tapadási pont**, melyek jól jellemzik a talajok mechanikai tulajdonságait (Ballenegger és di Gléria, 1962; Baumgartl, 2006; Marshall et al., 1996).

A **folyási határ** a képlékenység felső határa, átmenetet képez a folyó és a plasztikus állapot között. Az a nedvességtartalom, amikor a talaj alig folyik, illetve kis külső erő hatására megfolyik. Meghatározása Casagrande módszerével történik. A jellemző nedvesség tartalom p_F 0,5 (Ballenegger és di Gléria 1962; Baumgartl, 2006; Buzás, 1993).

A **sodrási határ** a képlékenység alsó határa, átmenetet képez a plasztikus (kohézív) és a törékeny állapot között. Az alkalmazott erő hatására repedések jönnek létre a mintán. A jellemző nedvesség tartalom p_F 2,8–3,3. Meghatározása sodrási próbával történik (Baumgartl, 2006; Buzás, 1993; Marshall et al., 1996).

A **zsugorodási határ** meghatározása során a nedvesség tartalom csökkenésével a talaj térfogata is csökken. Értéke a plasztikus határból számolható (Baumgartl, 2006).

A **tapadási pont** az a minimális nedvesség tartalom, amikor a minta a fém spatulához tapad. Értéke a folyási határhoz áll közel (Buzás, 1993; Marshall et al., 1996).

Az átmenetek alapján három index számolható. A **sodrási index** a folyási és a sodrási határ vízmennyiségének különbsége, a talajok mechanikai érzékenységét jelenti a változó nedvesség tartalom hatására. Értéke 0 %-tól 100 %-ig terjedhet, ahol a 0 % körüli értékek kis mennyiségű nedvesség hatására bekövetkező változásra utalnak (homok talajokra jellemző), míg a 100 % körüli értékek a nagy mennyiségű nedvesség tartalom hatására bekövetkező változásokra utalnak (agyagtalajok) (Baumgartl, 2006).

A **konzisztencia index** a folyási határ és az aktuális nedvességtartalom különbségének és a sodrási indexnek a hányadosa. Információt nyújt arról, hogy egy adott talajminta a sodrási vagy a folyási határhoz áll-e közelebb.

A **zsugorodási index** a sodrási és a zsugorodási határ különbsége (Baumgartl, 2006).

A talajok konzisztenciája függ a talaj szemcsenagyságától, a kolloidok mennyiségétől és minőségétől, továbbá a kationoktól. Általánosságban elmondható, hogy a növekvő

agyagtartalommal növekednek a különböző konzisztencia határok, illetve a konzisztencia indexek is, de a zsugorodási határra az agyag mennyiségén túl annak minősége is hatással van. A szervesanyag növeli a plasztikus és a folyási határt is, de a plaszticitási indexet nem. A talaj szervesanyag hatására ugyanolyan mechanikai tulajdonságokkal rendelkezik, mint szervesanyag hiányában, csak a konzisztencia indexek magasabb értékeket képviselnek.

A kationok közül régóta ismert hatása van a nátrium ionnak. A nátrium hatására csökken a talaj folyási határa, de növekszik a duzzadási határa (Baumgartl, 2006).

Az Atterberg által kidolgozott mutatóknak a mai napig gyakorlati jelentősége van, a szántóföldi művelés idejének helyes megválasztásán túl műszaki kérdésekben is döntőek. A talaj összenyomhatósága növekedik a folyási határnál magasabb nedvességtartalom felett (http://science.nasa.gov/headlines/y2002/11jul_mgm.htm; di Gléria et al., 1957).

Máté (1996) a különböző konzisztencia határokat, illetve a belőlük számolt mutatókat a talajok tömörödési, cserepedési hajlamára vizsgálja. Vizsgálatai szerint - bár az általa vizsgált négy talaj alapján messzemenő következtetéseket nem mert levonni - e mutatók alkalmasak lehetnek arra, hogy a talajok tömörödési – cserepedési hajlamát jól definiált számokkal, mutatókkal fejezzék ki.

Az 1950-es évektől kezdve Nicholas és munkatársai elkezdtek vizsgálni az Atterberg féle állandók és a talaj megmunkálása során fellépő erők közötti dinamikus összefüggéseket, a talaj nyíróerővel és összenyomással szembeni ellenállását is. Szintén az 1950-es évektől kezdve a talajok dinamikus összefüggésének nyomon követésére használták a Hankóczy – Brabander féle farinográfot is (di Gléria et al., 1957). Egy adott szerkezetes talaj külső erőhatással szembeni ellenállása, illetve viselkedése már reológiai tulajdonság (McBride, 2006).

3. 6. Reológia mint mérési módszer

A reológia szót az 1920-as évek végén Eugene C. Bingham használta, és jelentése a görög „panta rhei” szavakból származik, melynek jelentése: „minden folyik” (Steffe, 1996).

A reológia, az anyagok folyással, áramlással együtt járó időbeni deformációjával foglalkozó tudomány. Tárgya azoknak a törvényszerűségeknek a feltárása, amelyek az anyagok külső alakváltoztató (deformáló) erőhatásokkal szemben tanúsított folyási viselkedését írja le (Steffe, 1996; Szántó, 1987; Zrínyi, 2003).

Az anyagok/anyagi rendszerek általában ki vannak téve külső erőhatásoknak, amelyekre válaszolnak is; így fontosak reológiai tulajdonságaik, ezért e tudomány számos alkalmazási körben elterjedt. Ilyen például a bányászat, az ércfeldolgozó-, kerámia-, festék-, papír-, műanyag-, kozmetikai- és élelmiszeripar, valamint a gyógyszertechnológia, a polimer kutatás és a gyógyászat (pl. a vér viszkozus tulajdonságai) (Steffe, 1996).

3. 6. 1 A reológia törvényszerűségei

A reológiában három egyszerű (ideális) reológiai testet és az ezekből felépített összetett reológiai testeket különböztetünk meg.

Az egyszerű reológiai testek:

1. az ideálisan rugalmas (elasztikus) vagy Hooke-test,
2. az ideálisan viszkózus vagy Newton-test,
3. az ideálisan képlékeny (plasztikus) vagy Saint-Venant-test.

Az ideális rugalmas viselkedés – a nyíróerővel arányos, pillanatszerű reverzibilis deformáció – a szilárd anyagokra jellemző. Az ideális folyadékok esetén a folyásgörbe az origóból kiinduló egyenes. Az ideálisan képlékeny anyag a folyáshatár felett „egytestként” mozdul el.

A diszperziók szerkezetüktől függően viszkózus (Newton-test), képlékeny (Saint-Venant-test) és rugalmas (Hooke-test) tulajdonságokkal is bírnak, viselkedésüket csak ritkán lehet leírni az ideális reológiai testekre vonatkozó összefüggésekkel.

A legújabb irodalmak kivételével általában a sebesség kontrollált rotációs viszkozimetriával meghatározható folyásgörbékkel jellemzik a szuszpenziók reológiai tulajdonságait (Barnes et al, 1989).

Koagulált (egymást vonzó részecskéket tartalmazó) szuszpenziók aggregált térhálójá többé-kevésbé ellenáll a külső deformációnak, plasztikus sajátságokat mutat, amelyekben a növekvő áramlási sebességgel fokozatosan összeomló szerkezet miatt csökken a látszólagos viszkozitás, így gyakori a nyírásra vékonyodó, szerkezeti viszkózus jelleg. Az aggregált részecskék által felépített fizikai térháló összeomlásához szükséges nyírófeszültség, a folyáshatár, a szerkezet szilárdságára jellemző, értéke a részecskék között működő összetartó erőtől és a térfogategységben a kapcsolódási pontok számától (koncentráció, méret, alak) függ (Mózes és Vámos, 1968).

A kialakuló struktúra tulajdonságai befolyásolhatók a diszperziós közeg minőségének változtatásával, elektrolitok, felületaktív anyagok hozzáadásával, valamint a diszpergált részecskék felületmódosításával. A koherens rendszerek, a rendszert felépítő részecskék összefüggő vázat képeznek, stabilitásuk és szerkezeti szilárdságuk vizsgálatára gyakran használt módszer a reológia.

A folyáshatár a vizsgált rendszer szerkezetén kívül függ a meghatározás módjától is. A leggyakoribb a folyásgörbék lineáris szakaszának (a plasztikus folyás tartománya) extrapolációjával meghatározott Bingham-féle folyáshatár (Szántó, 1987).

A kolloidálisan nem stabil rendszerekben a részecskék aggregációja, az egyensúlyi helyzetben lévő térháló felépülése hosszabb-rövidebb időt igényel, amelyet a rendszerek relaxációs idejével lehet jellemezni. Ez az időtartam, amely alatt a rendszer visszaáll az eredeti szerkezeti állapotába. Ha a relaxációs idő nagyon rövid ($<10^{-3}$ s), akkor jól reprodukálható folyásgörbéket, sebességfüggő látszólagos viszkozitás adatokat lehet meghatározni. Ha azonban a relaxációs idő

hosszabb ($\sim 10^{-10}$ s) és összemérhető a reológiai mérés idejével, akkor a rendszerek időfüggő reológiai tulajdonságokat mutatnak (Barnes et al., 1989). A leggyakoribb időfüggő jelenségek a tixotrópia, az anti- (vagy negatív) tixotrópia és a reopexia.

A tixotróp tulajdonságú rendszerek vizsgálatakor azt tapasztalhatjuk, hogy a növekvő és csökkenő sebességgradienseknél adódó folyásgörbék nem futnak együtt, hiszterézishurkot zárnak be. A mért folyásgörbék, különösen a felszálló ágak erőteljesen függnak a rendszert korábban ért mechanikai behatásoktól (mérőedénybe juttatás, rázás, keverés) és lényegesen különbözhetnek, nem reprodukálhatóak, ha a mérendő szuszpenziókat a mérés előtt nem azonosan kezeljük és nem biztosítunk elegendő időt a relaxálódásra. A mérés során a sebességgradiens növekedésével a rendszer folyékonnyá válik, a maximális sebességgradiens értéknél a részecskéket összetartó erők megszűnnek, majd csökkentve a sebességgradiens értéket a rendszer lassú koagulálási folyamat következtében újra kezd felépülni, amit a koagulálási és nyírási sebesség viszonya határoz meg. A hiszterézis hurok alakja és az általa bezárt terület összehasonlító értékelésre használható (Mózes és Vámos 1968).

A kísérletileg meghatározható folyásgörbék, $\tau = f(D)$ függvények kiértékelésére számtalan lehetőség található az irodalomban, azonban a konkrét alkalmazást alapvetően a folyásgörbe típusa határozza meg. Plasztikus rendszerek reológiai viselkedésének leírására legelterjedtebb a *Bingham-féle* modell használata. A Bingham-féle folyáshatárral (τ_B) és a plasztikus viszkozitással (η_{pl}) jellemezhető rendszerek esetén a nyírófeszültséget a következő egyenlet írja le:

$$\tau = \tau_B + \eta_{pl} D,$$

ahol D a nyírási sebesség gradiense. A Bingham-féle folyáshatárt a folyásgörbék végső lineáris szakaszának, a plasztikus folyás tartományának $D = 0$ -ra történő extrapolálásával kapjuk. A plasztikus viszkozitás e szakasz iránytangense:

$$\eta_{pl} = (\tau - \tau_B) / D.$$

A plasztikus viszkozitás azt mutatja, milyen belső súrlódás lép fel a plasztikus testek folyásban tartásakor, ezt a részecske-folyadék és folyadék-folyadék kölcsönhatások határozzák meg. A részecskék közötti kölcsönhatás a Bingham-féle folyáshatárral hozható összefüggésbe. Amíg a részecskéket koherens rendszerben összetartó erő nagyobb, mint az alkalmazott nyíróerő ($\tau < \tau_B$) csak rugalmas deformáció lép fel. Ha elérjük a nyírási sebesség gradienssel azt a küszöbértéket, amely felett ($\tau > \tau_B$) a részecskéket összetartó erő kisebb, mint a nyíróerő, a rendszerben folyás következik be, az adhézión erőkkel összetartott részecske térháló szétszakad (Szántó 1987).

Nyugalomban a rendszerben lévő részecskék vázszerű szerkezetet hoznak létre, amely mozgatás hatására összeomlik, és folyás indul meg. A külső mozgató hatás megszűnte után az eredeti (él — lap, lap — lap kapcsolódásokkal kialakuló) váz újra felépül, ha ehhez elég időt

hagyunk. Talajminták vizsgálatakor a növekvő, majd csökkenő nyírási sebességnél felvett reogramok között különbség, hiszterézis-hurok alakul ki, amely a hosszabb-rövidebb idő alatt kialakuló, külső deformációkra érzékeny tixotróp részecske térhálók jellemzője. A minták jellemzésére használható a folyásgörbék fel- és leszálló ága alatti terület különbsége, az ún. tixotróp hurok területe (Barnes et al., 1989; Dzuy és Boger, 1983.).

Markgraf et al., (2006) szerint a reológia a talajtani kutatásokból sajnálatos módon szinte hiányzik, de elmondható, hogy mind hazánkban, mind külföldön történtek kutatások már az 1950-es évektől a reológia talajtani alkalmazására. Talajokra alkalmazták a maximális nyírási erőt és megfigyelték, hogy e pont felett a talajok viszkózus anyagként viselkednek (Hajela és Bhatnager 1972; Or és Ghezehei 2002).

Az 1950-es években Babarczy és Sárosi (1952) hazai szőlőtalajok kötöttségét vizsgálta Hankóczy által kifejlesztett farinográffal. Céljuk az volt, hogy számszerű, jól definiálható könnyen ismételhető számadatot kapjanak a részecskék között fellépő erők nagyságára, ezáltal a kötöttség, végső soron a fizikai féleség megállapítására. Vizsgálataik szerint a különböző fizikai féleség meghatározására szolgáló módszerek (K_A , h_y , 5 órás kapilláris vízemelés) ugyanarra a talajra alkalmazva csak bizonyos fokú (60-70%-os) egyezést mutatnak. A talajok Arany-féle kötöttségi száma (K_A) az az érték, mely során a talajt vízzel telítjük mindaddig, amíg a talaj nem adja a fonalpróbát. Ilyenkor a talajrészecskéket körülvevő vízhártyák eredményeképp a talajrészecskék közötti kohéziós erő minimálisra csökken, a szuszpenzió megfolyik, ez pedig reológiai jelenség (di Gléria et al., 1957). Módszerük eredménye bizonyos esetekben eltért a rutin labor módszerek eredményeitől, bár a terepi felvételezők helyszíni vizsgálatai az ő eredményeik helyességét bizonyították. Vizsgálataik azt is kimutatták, hogy a farinográffal történő mérések inkább homok és vályog fizikai összetételű talajok meghatározására alkalmasak, mivel az agyagtalajok tapadása nehézséget jelent a mérés során (Babarczy és Sárosi, 1952). Kocsis és munkatársai (1996) arról számolnak be cikkükben, hogy a Szovjetunióban is történtek hasonló mérések, így az 1970-es években Minkin és munkatársai az öntözés hatására bekövetkező szerkezetleromlást mutatta be reológiai módszerekkel, míg Sukle a módszert hegyoldalon fekvő talajok szakítószilárdságának megállapítására használta. Hazánkban főleg Kocsis és munkatársai nevéhez fűződnek reológiai kutatások, ők farinográffal vizsgálták a talajok folyási/szerkezetképzési tulajdonságait (Kocsis et al., 1996, 1999, 2003; Kocsis, 2005). Reométerrel történő vizsgálatokat a talajok erózióra való hajlamára Michéli és munkatársai végeztek (2002). A különböző szántóföldi művelési rendszerek hatásait Gál (2006) vizsgálta a reológia módszerével. Hazánkban Tombác Etelka tömény agyagásvány szuszpenziók és szervesanyag kölcsönhatások vizsgálata mellett a talajok szerkezetleromlását vizsgálja ezzel a módszerrel (www.soil-index.com, Czibulya et al., 2008).

Hajela és Bhatnagar (1972) viszkoziméterrel vizsgálták különböző talajok agyagtartalmának hatását a folyási határra. Markgraf et al. (2006) valamint Markgraf és Horn (2006) a reológia módszerével vizsgálta a fizikai féleség, agyagásvány, NaCl, K ion és CaCO₃ tartalom hatását talajokban. Vizsgálataik szerint ezek a talajösszetevők hatással vannak a talajok mikrostruktúrájára és folyási viselkedéseire, amelyek a módszer segítségével számszerűsíthetők. Ghezzehei és Or (2001) a víztartalom hatását, az agyagásványtartalom milyenségét vizsgálták nedves talajokban és agyagásvány szuszpenziókban. Megállapították, hogy a nedvességtartalom csökkenti mind a maximális folyáshatár értéket, mind a Bingham – féle folyáshatárt. Or és Ghezzehi (2002) a reológiát különböző szántóföldi rendszerek, illetve főleg a művelés során használt járművek által okozott szerkezetleromlások összehasonlítására használta.

Markgraf et al. (2006); Or és Ghezzehei (2002); Ghezzehei és Or (2001; 2003) a reológiát a talajok mechanikai tulajdonságaiban bekövetkező változások nyomon követésére megfelelő módszerként mutatják be.

A fent említett szerzők mind osszcilációs, mind rotációs mérésekkel modellezték a talajokban lejátszódó jelenségeket.

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4. 1. Anyag

Vizsgálataimat különböző összetételű laboratóriumi modell mintákon, illetve szántóföldi kísérletből származó mintákon folytattam.

A laboratóriumi kísérletek során különböző ásványi és szervesanyaggal kiegészített homokmintákat vizsgáltam.

A szántóföldi minták a DE ATC Teichmann Telepéről (Kisvárdá) származnak, ahol komposztált szennyvíziszap került kijuttatásra.

4. 1. 1. Laboratóriumi modell minták

A kísérletekben felhasznált homokminták a Debreceni Agrárcentrum Nyíregyházi Westsik Vilmos Kísérleti teréről származnak. Egy meghatározott táblán belül a felső 15 cm-es rétegből átlagmintákat vettem. A talaj fő típusa váztalaj, típusa humuszos homoktalaj, nem karbonátos, többrétegű (7. ábra).



Asz: 0-30 cm. Színe nedvesen 10 YR 5/4. Szerkezete gyengén fejlett, apró morzsás. Fizikai félesége homok, homokos – vályog. Tömödött. Nem pezseg. Kémhatása pH 6. Kevés állatjárat. Egyenes szintátmenet.

B: 30-60 cm. Színe nedvesen 10 YR 6/6. Fizikai félesége homok. Nem pezseg. Kémhatása pH 6. Hullámos szint átmenet.

2A: 60-100 cm. Színe nedvesen 10 YR 4/6. Szerkezete gyengén fejlett aprómorzsás. Fizikai félesége homok, homokos – vályog. Nem pezseg. Kémhatása pH 6. A szintben sok állatjárat figyelhető meg.

2C: 100 cm-től. Színe nedvesen 10 YR 7/6. Fizikai félesége homokos vályog. Nem pezseg. Kémhatása pH 6.

7. ábra: A táblára jellemző talajszelvény (fotó: Szegi)

Ásványi komponensként mádi bentonit meddőből származó bentonitot, illetve kuzmicei (Csehország) bentonitból frakcionált montmorillonitot, továbbá a Szerencsi Cukorgyárból származó cukorgyári mésziszapot használtam.

Szerves komponensként a Szent István Egyetem Józsefmajori Kísérleti - és Tangazdaságából tejelő szarvasmarhatartásból származó hígtrágyát alkalmaztam.

4. 1. 2. A laboratóriumi modell minták előállítása

A homokmintákat szobahőmérsékleten megszárítottam, megtörtem és 2,0 mm-es szitán átszitáltam. A kísérletekben a szitán átpergő részt használtam. Keverékeket hoztam létre növekvő - 2%, 5%, 10%- montmorillonit illetve bentonit tartalommal, majd a 100g tömegű mintákat 30 cm³ csapvízzel összekevertem és gézzel letakarva hagytam kiszáradni.

A homok – hígtrágya - bentonit komplexeket úgy állítottam elő, hogy 1 liter hígtrágyához 0g, 20g, 50g, 100g bentonitot adtam és az elegyet időnként megkeverve pH állandóságig állni hagytam. A mintákat 1 - 1 kg homokhoz kevertem és ezeket szabad levegőn, gézzel letakarva hagytam kiszáradni (8. ábra). A mintákhoz a homokminták y_1 -értékéből számolt CaCO_3 mennyiség dupláját, azaz 1kg-nyi szárazanyaghoz 0,5 g mésziszapot adtam.



8. ábra: Kiszáradt homok bentonit hígtrágya „keverék” (fotó: Szegi)

4. 1. 3 Az alkalmazott modell minták rövidítései

Az eredmények fejezetben használt rövidítéseket a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat: A felhasznált anyagok és modell minták jelölése

Minta neve	Minta rövidítése
homok	h
bentonit	b
montmorillonit	m
mésziszap	Ca
hígtrágya	ht
homok – 2, 5, 10 % bentonit	h – 2, 5, 10 % b
homok – 2, 5, 10 % montmorillonit	h – 2, 5, 10 % m
homok – mésziszap	h – CaCO ₃
homok – 2, 5, 10 % bentonit - hígtrágya	h – 2, 5, 10 % b - ht
homok – 2, 5, 10 % bentonit – hígtrágya - mésziszap	h – 2, 5, 10 % b - ht - CaCO ₃

4. 1. 4. Szántóföldi minták

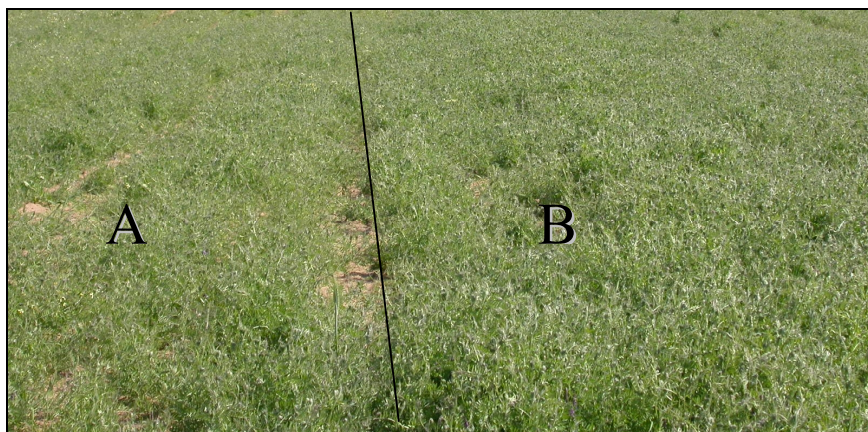
A szántóföldi minták 0,5 hektáros kisparcellás kísérletekből származnak (9. ábra). A területre jellemző talajtípus kovárványos homok (10. ábra).

A telepen „A Nyírségvíz Rt. működési területén keletkező közüzemi szennyvíziszap gazdaságos és EU-konform hasznosítása” című KMFB pályázat által kidolgozott, majd a későbbiekben „Nyírkomposzt” néven forgalomba hozott komposzt került kijuttatásra. A fermentált szennyvíz iszap víztelenítés után különböző adalékanyagokkal együtt komposztálásra került (a keverék beltartalma a B2. melléklet ábráján található). A komposzt összetétele:

- 40% iszap,
- 25% riolit,
- 15% bentonit,
- 10% égetett mész,
- 10% szalma.

A kijuttatás 2003 szeptemberében történt, 20 t/ha mennyiségben (Márton és Makádi 2004). Az első mintavételezés időpontja 2004 júniusa, majd a tartamhatás bizonyítására a mintavételezést megismételtem 2006 szeptemberében. 10 almintából álló kompozit mintákat gyűjtöttem, mind a kontroll, mind a kezelt parcellák feltalajának 0 – 20 cm-es rétegéből. A területen a mintázás éveiben csillagfürtöt termesztettek.

2009-ben bolygatatlan mintákat gyűjtöttem a szelvényből 0-20, 20-40 és 40-60 cm-es mélységből, hogy ellenőrizzem a javítóanyag mélyebb szintekbe történő lejutását.



9. ábra: A szántóföldi kezelések bemutatása: „A” a kezeltlen terület, „B” a kezelt terület (fotó: Szegi)



Asz: 0-30 cm. Színe nedvesen 10 YR 5/6. Szerkezete gyengén fejlett, apró morzsás. Fizikai félesége homok, homokos – vályog. Tömődött. Nem pezseg. Kémhatása pH 5. Kevés állatjárat. Hullámos szintátmenet.

C/Bt: 30-90 cm. Színe nedvesen 10 YR 6/4. Fizikai félesége homok. Kovárvány csíkok színe 5/4. Mangán szeplők. Nem pezseg. Kémhatása pH 5. Hullámos szintátmenet.

2C: 90cm-. Színe nedvesen 10 YR 7/4. Fizikai félesége homok. Nem pezseg. Kémhatása pH 5.

10. ábra: A táblára jellemző talajszelvény (fotó: Szegi)

4. 2. Módszerek

A hígtrágya vizsgálatok (mind a mintavételezés, mind a laboratóriumi vizsgálatok) során az „MI-08-1735-1990 Ágazati Műszaki Irányelv szennyvizek és szennyvíziszapok termőföldön történő elhelyezéséről, és az 50/2001. (IV. 3.) A szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól”, szóló kormányrendelet alapján jártam el. A hígtrágya mintákat a Fejér megyei Növényegészségügy és Talajvédelmi Szolgálat akkreditált laboratóriumában vizsgálták meg, melynek eredményei a melléklet B1. ábráján találhatók.

4. 2. 1. Az alkalmazott talajkémiai módszerek bemutatása

Vizsgálataim során az alábbi talajkémiai paramétereket vizsgáltam:

- a homokminták hidrolitos aciditását (y_1)
- a mésziszap, bentonit és a montmorillonit összes CaCO_3 tartalmát Scheibler, a mésziszap esetében tömegvesztés módszerével is
- a minták kémhatását elektrometriás pH méréssel
- a minták kationcsere kapacitását módosított Mehlich eljárással (Buzás, 1988)
- a szántóföldi minták szervesanyag tartalmát Walkley – Black módszerével (Nelson és Sommers, 1996).

A szántóföldi minták szervesanyag tartalmának meghatározása Walkley – Black módszerével

A talajban növényi és állati maradványokban található szenet a talaj szerves széntartalmához nem számítjuk hozzá, ezért az ilyen maradványokat a talajból el kellett távolítani. A szerves szén mennyiségi meghatározásánál a szervesanyagok azon tulajdonságát használjuk fel, hogy oxidálhatók, s az oxidálószer fogyása arányos a talaj oxidálható széntartalmával. A meghatározás hasonló a hazánkban elterjedt Tyurin módszerrel, de a Walkley – Black módszer esetében nem történik meg a minták forralása. Hegymegi et al. (2007) vizsgálatai szerint a két módszer eredményei szoros korrelációt mutatnak, $r = 0,99$.

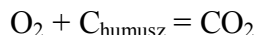
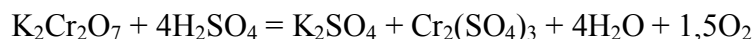
A mérés elve a talaj szervesanyagában lévő szén nedves égetése.

Meghatározás menete:

A bemért talaj tömege 0,1-0,5 g a várható szervesanyag tartalomtól függően. A vizsgált talajmintákból 0,5 g-ot mértem be, mivel várható volt, hogy szervesanyag tartalmuk nem esik majd a magasabb kategóriába. Bemérés előtt a talajt 0,2 mm-es szitán átszitáltam.

Felhasznált anyagok: kénsavas dikálium-dikromát, desztillált víz, tömény foszforsav, vas szulfát.

A talajhoz kénsavas dikálium-dikromátot (10ml 1N $K_2Cr_2O_7$, és 20ml cc. H_2SO_4) adtam, amely a talaj humusztartalmát, annak széntartalmát CO_2 -dá oxidálta.



Az oxidáció során a Cr^{6+} (narancssárga színű) $\rightarrow$ Cr^{3+} (zöld színű) ionná redukálódik.

Az oxidáció lezajlása (mintegy fél óra) után a rendszerhez hozzáadtam:

100 ml desztillált vizet + 10 csepp tömény H_3PO_4 -t + 3 csepp ferroin indikátort

Majd 0,5N $FeSO_4$ -tal megtitráltam a kapott oldatot, melynek során a szervesanyag roncsolásához fel nem használódott Cr^{6+} mennyiségét határoztam meg.

A szerves szén mennyiségét az alábbi egyenlettel számoltam ki:

$$Corg \% = 10/s * (1-M/V) * 0,39$$

ahol „s” = a bemért talaj tömegével (g),

„M,, = a talajra fogyott mérőoldat ($FeSO_4$) mennyiségével (ml),

„V” = a vak oldatra fogyott mérőoldat ($FeSO_4$) mennyiségével (ml) egyezik meg

(Nelson és Sommers, 1996).

4. 2. 2. Az alkalmazott talajfizikai módszerek bemutatása

Méréseim során az alábbi talajfizikai paramétereket vizsgáltam:

- a minták Sík-féle (hy_1) higroszkóposságát
- a szántóföldi minták pF értékeit (pF 0, pF 2,5)
- a szántóföldi minták térfogat tömeg értékeit (Buzás, 1993)
- a minták egyszerűsített nedvesség visszatartó képességét
- a minták leiszapolható részét vizes és Na-pirofoszfátos közegben történő diszpergálás után
- a minták mikroaggregátum stabilitását módosított Kacsinszkij – féle diszperzitás faktor és módosított Vageler – féle struktúra faktor kiszámításával
- a minták reológiai tulajdonságait
- a mintákról készült digitális mikroszkópos felvételeket.

4. 2. 2. 1. A minták egyszerűsített nedvesség visszatartó képességének meghatározása

Az INDEX pályázat során az egyik cél a könnyen kivitelezhető, gyors indikátorok kidolgozása, illetve tesztelése volt. Az alábbi módszer a pályázat során lett kidolgozva.

A nem tört, 2 mm-es szitán átszitált talajból 10 g-ot szűrőpapírral ellátott tölcserbe töltöttem, majd 25 ml vizet töltöttem rá. A szervesanyagot és montmorillonitot tartalmazó minták esetében 50 ml vizet kellett a mintákhoz hozzáadni, mert nem, vagy csak csekély mérvű nedvesség vesztést tapasztaltam. A módszer leírása szerint az első óra után kell meghatározni a talajminta nedves tömegét, majd szárítószekrényben 105 °C-on tömegállandóságig szárítani. Ebből számolható ki, hogy mennyi nedvességet volt képes a talaj megtartani tömeg %- ban (11. ábra) (www.soil-index.com). Hasonló módszert használt Prof. Fekete József is Kubában, mérései szerint az eredmények összevethetők a $V_{k_{min}}$ értékekkel (Fekete szóbeli közlés, 2009).



11. ábra: Az egyszerűsített nedvesség visszatartó képesség mérése

4. 2. 2. 2. A minták leiszapolható részének egyszerűsített meghatározása

A vizsgálat során a módszerkönyvben leírt elméleti leírást (Buzás, 1993) figyelembe véve az INDEX EU FP6-os pályázatban kidolgozott módszert követtem, melynek során 5 g légszáraz talajt 60 ml desztillált vízbe, illetve 10 ml 0,5N-os Na-pirofoszfát oldathoz hozzáadott 50 ml desztillált vízbe helyeztem és 12 órás rázatás során diszpergálódott a talaj. A talajszuszpenziót 100 ml-es mérőhengerekbe mostam, majd a táblázatból számolt idő után (18 perc 7 másodperc) 10 cm-es mélységből 25 ml 0,02 mm-es frakciót tartalmazó talaj szuszpenziót bepárló csészékbe pipettáztam és homokfürdőn történő szárítás után 105 °C-on szárítószekrényben tömegállandóságig kiszáritottam, majd analitikai mérlegen ezred pontossággal meghatároztam a tömegét és %-ban megadtam.

4. 2. 2. 3. A talaj szerkezetességének meghatározása egyszerűsített Kacsinszkij - féle diszperzitás faktor és a Vageler – féle struktúra faktor segítségével

Az INDEX pályázat során leírt és a módszertkönyv útmutatásai szerint a leiszapolható rész eredményeiből számított értékek, melyek azt fejezik ki, hogy a talajban az ásványi rész milyen hányadban van jelen elemi szemcsék, és milyen hányada van jelen aggregátumok formájában.

Kacsinszkij – féle diszperzitás faktort (K):

$$K = 100 * b / a$$

és a Vageler – féle struktúra faktort (V):

$$V = (a-b) * 100 / b$$

ahol: „a” = 0,02 mm-es kisebb részek szemcsék százalékos megoszlása a ragasztóanyagok elroncsolása után

„b” = 0,02 mm-es részek szemcsék százalékos megoszlása vizes szuszpenzióban

(Buzás, 1993, www.soil-index.com).

4. 2. 2. 4. Reológiai vizsgálatok

A reológia, mint módszer a talajtanban eddig nem terjedt el. Mivel munkám során ezt a módszert is alkalmaztam a talajok szerkezetképzésének jellemzésére, így ezt a módszert részletesebben mutatom be.

A meghatározás menete:

A reológiai méréseket a Szegedi Tudományegyetem Kolloidkémiai Tanszékén végeztem. A szuszpenzió készítés során Czibulya et al. (2008) által kidolgozott módszert vettem alapul. A 4 gramm 1 mm-es szitán átengedett talajt 10 ml-es kalibrált kémcsőbe mértem be és 10 ml desztillált vizet adagoltam hozzá. Egy percig üvegbot segítségével homogenizáltam a szuszpenziót, majd 10 másodpercre ultrahangos kádba helyeztem azt. Az egész keverési folyamatot egy órán belül még kétszer megismételtem. A kémcsövet ezután néhányszor óvatosan átforgattam, hogy a levegő buborékok távozzanak, majd vízszintezett állványba állítottam, és egy hétig szobahőmérsékleten állni hagytam. Az üledék térfogatot leolvastam és meghatároztam a minták nedvességtartalmát a

$$WCSSinCS = 100 (V_{sed} - msf/rs)/(V_{sed} - msf/rs + msf)$$

képlettel, ahol:

WCSSinCS = a szuszpenzió egyensúlyi nedvesség tartalma

Vsed = az üledék térfogata

ms = a talaj tömege,

f = (100 - nedvesség%) / 100,

rs = a talaj sűrűsége, 2,65 g/cm³-nek véve.

A minták tényleges reológiai mérése során bemértem 25 g 1 mm-es szitán átengedett talajt, majd a próbaminta nedvességtartalmának megfelelően desztillált vizet adagoltam hozzá. A mérés további részében hasonlóan jártam el a minta előkészítésben. Az INDEX pályázat reológiai mérései során bebizonyosodott, hogy nincs különbség az egy hetes és az egy órás szobahőmérsékleten történő állás között, így egy óra után került sor a reológiai mérésekre (www.soil-index.com).

A modell minták esetében szabadföldi vízkapacitásig telítettem a talajt.

A talajokat és modell szuszpenziókat Haake Rheometer RS150 típusú készülékkel (12. ábra), PP20 Ti lap-lap rotációs mérőfejjel (13. ábra), 4 mm-es réstávolsággal mértem. Azért volt szükség a 4 mm-es réstávolságra, hogy az átszitálást követően esetlegesen a mintában maradt szálak, szőrök ne akadályozzák a mérést. Sajnos ez a hígtrágyát tartalmazó minták esetében nem valósult meg tökéletesen. A sebesség gradienst 0,01 1/s-tól - 40 1/s-ig növeltem, majd csökkentettem 0-ig, 1-1 vagy 2-2 percen át. A tálca megközelítési sebessége 1,25 mm/perc volt. Ezzel előbb elfolyósítottam a mintát a fizikai térháló kötéseit felszakítva (a növekvő sebesség gradiens értékeknél), majd a csökkenő értékeknél hagytam a szerkezet visszaépülését.



12. ábra Haake Rheometer RS150 típusú készülék



13. ábra PP20 Ti lap-lap rotációs mérőfej

A mérések során:

- felvettem és ábrázoltam a minták folyásgörbéit növekvő és csökkenő nyírási feszültség hatására,
- meghatároztam a folyásgörbék kezdeti maximumát, τ_{inimax} (Pa), amely a növekvő sebesség gradiens irányában meghatározott folyásgörbék maximuma és a talaj

szerkezetéről, a kötőerők nagyságáról ad információt. Analógnak tekinthető, a Vane módszerrel meghatározott abszolút folyáshatárral (τ_0 , Pa) (ASTM Standard Test Method for Field Vane Shear Test in Cohesive Soil, D 2573-94, 1997, Czibulya et al., 2008).

- Valamint meghatároztam a Bingham-féle folyáshatárt (τ_B), amely a görbe lineáris részének a nulla nyíróerőre vetített értéke, és információt nyújt az esetlegesen bekövetkező spontán aggregálódásról a nyírási feszültség megszüntetése után csökkenő sebességgrádiens tartományban (Dzuy és Boger, 1983).

4. 2. 3. Statisztikai vizsgálatok

A statisztikai vizsgálatokat SPSS 15.0 for Windows programcsomaggal végeztem el.

A mérési eredmények összehasonlítását varianciaanalízissel (One – way ANOVA, LSD módszer), 95% -os konfidencia intervallumon határoztam meg. Az eredményeket Box-Plot ábrákon ábrázoltam és az ABC kisbetűivel jelöltem a statisztikai különbségeket.

A különböző paraméterek összehasonlítására Pearson-féle lineáris korrelációt végeztem el. Meghatározásra kerültek a korrelációs együtthatók (r), amelyek kifejezik a növekvő dózisú kezelések és a talajparaméterek kapcsolatának szorosságát, illetve a különböző módszerekkel mért eredmények közötti kapcsolatot. Ha az r értéke 0,25 alatti, akkor a két tényező között nincs kapcsolat, 0,25 – 0,50 között gyenge közepes kapcsolat van, 0,75 felett erős kapcsolat van, míg az 1-es érték függvényeszerű kapcsolatot jelöl (Szűcs 2004).

5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A következő fejezetben bemutatom a laboratóriumi modell minták és a szántóföldről származó minták eredményeit.

A szerves – ásványi komplexumok előállítása során, a bentonit hatására a hígtrágya szaghatás csökkent, kiszáritás, illetve újranedvesítés után „virágföld” szaga volt. Feltételezésem szerint az ásványi (bentonit) komponensen lévő kötőhelyeken megkötődött a szerves (hígtrágya) komponens.

5. 1. Hidrolitos aciditás (y_1 - érték) meghatározás eredménye

A Debreceni Egyetem Nyíregyházi Kutatóintézetének talajából származó homok minta hidrolitos aciditása 4 volt. Kreybig ezeket a talajokat az országos átnézetes talajismereti térképén mésszel ellátott kategóriába sorolta.

5. 2. A minták CaCO_3 eredményei

A kiindulási labor homok mintában nem volt karbonát. A bentonit CaCO_3 tartalma 5%, míg a montmorillonit CaCO_3 tartalma 9 % volt. A mésziszap esetében 49% -os kalcium karbonát tartalmat mértem.

5. 3. A pH meghatározás eredményei

5. 3. 1. A laboratóriumi modell minták

A 4. táblázatban a laboratóriumi modell minták pH értékei találhatók. A mérést egy ismétlésben végeztem el, mivel Simon (2001) arra a megállapításra jutott, hogy a minták pH változása 0,2 pH egység körül van.

Az adatokból leolvasható, hogy a kiinduló homok mintához viszonyítva a mésziszap alkalmazása során jelentős pH érték növekedés figyelhető meg, hasonló megállapításra jut Vass (1980 a, b), aki 2 – 8 t/ha mennyiségű meszező anyagot használt fel nyírségi szántóföldi modell kísérleteiben.

A különböző adagban alkalmazott bentonit hatására 0,5 - 0,6 pH egységnyi növekedést tapasztaltam.

Bentonit és mésziszap együttes alkalmazása során 8,1 és 8,2 pH értékeket mértem, ezt a pH növekedést az alkalmazott mésziszap okozza.

Hasonló hatás tapasztalható bentonit és hígtrágya együttes alkalmazása során is, ebben az esetben a pH értékek 8,1 és 8,4 között vannak. Érdekes hogy, az alkalmazott hígtrágya kémhatása pH

7,4 volt, aminek a vizsgálati jegyzőkönyve B1. Mellékletben található. Valószínűleg a pH emelkedés a bentonit és hígtrágya együttes alkalmazásának köszönhető, a szerves és szervtelen adalékanyagok kölcsönhatásba léptek egymással, ami pH emelkedést eredményezett.

További pH növekedést lehet megfigyelni bentonit, hígtrágya és mésziszap együttes alkalmazásakor, ezekben a kezelésekből a laboratóriumi modell minták pH-ja 8,6 és 8,8 között változik.

A legnagyobb pH értékeket a montmorillonittal kezelt minták esetében mértem, pH 9 – 9,6. Ebben az esetben a montmorillonit Na tartalma okozhatja a pH emelkedést, amely vizes közegben disszociált.

4. táblázat: A laboratóriumi modell minták pH értékei

A laboratóriumi modell minták pH értékei		
Minta neve	pH _{H2O}	pH _{KCl}
Homok	6,9	5,6
Homok + CaCO ₃	8,4	8,0
Homok + bentonit 2%	7,4	6,8
Homok + bentonit 2% + CaCO ₃	8,2	8,0
Homok + bentonit 5%	7,5	6,9
Homok + bentonit 5% + CaCO ₃	8,1	7,9
Homok + bentonit 10%	7,4	7,1
Homok + bentonit 10% + CaCO ₃	8,1	7,9
Homok + bentonit 2% + hígtrágya	8,1	7,9
Homok + bentonit 2% + hígtrágya + CaCO ₃	8,6	8,5
Homok + bentonit 5% + hígtrágya	8,5	8,3
Homok + bentonit 5% + hígtrágya + CaCO ₃	8,8	8,5
Homok + bentonit 10% + hígtrágya	8,4	8,0
Homok + bentonit 10% + hígtrágya + CaCO ₃	8,8	8,6
Homok + montmorillonit 2%	9,0	7,8
Homok + montmorillonit 5%	9,3	7,9
Homok + montmorillonit 10%	9,6	8,2

Köhler (1989) kutatásai szerint bentonit meddővel, illetve riolit tufa örleménnyel komposztált szerves trágya kijuttatása után szintén beszámol pH emelkedésről, a kezelés hatására a talaj desztillált vizes pH-ja 3,8 és a kálium kloridos pH-ja 3,5 értékkel emelkedett. Vizsgálatait a Buj Új Élet MGTSZ-ben végezte el homoktalajon. A talaj kémhatás emelkedésének okát nem közölte.

5. 3. 2. A szántóföldi minták

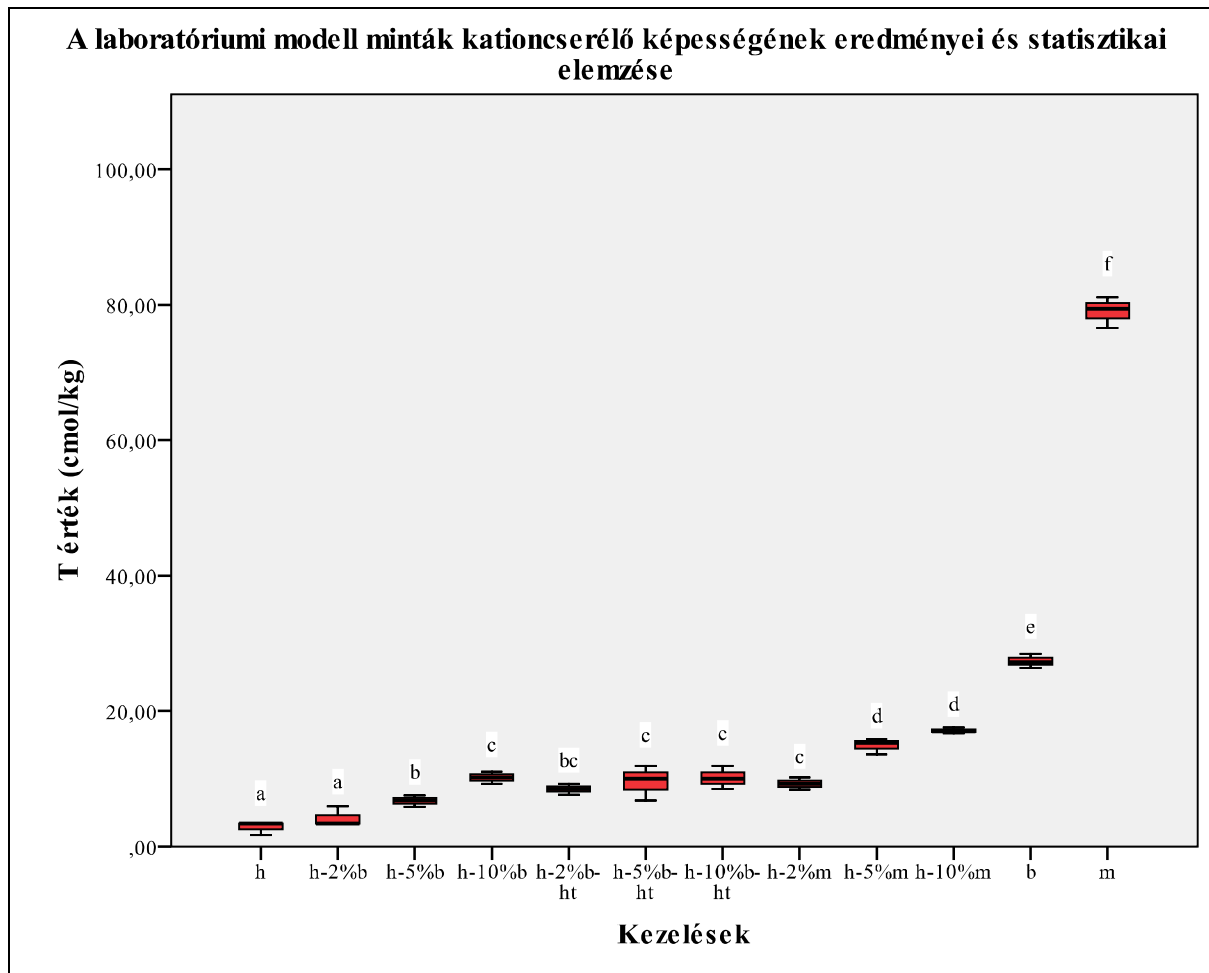
A szántóföldről származó minták esetében nem figyelhető meg ugyanakkora változás (5. táblázat) az azonos évek összehasonlítása során, habár a kijutatott komposzt tartalmazott mind bentonitot, mind pedig égetett meszet. Feltételezhetően a komposzttal kijutatott meszező anyag mennyiség,- 10% égetet mész,- nem volt elegendő ahhoz, hogy javítsa a talaj kémhatását. Vass (1980. a, b) által végzett meszezési kísérletekben 50 és 200%-ban alkalmazott meszezőanyagot, aminek hatására pH emelkedésről számolt be. Az általam használt komposztban lévő mész az alkalmazott területen és mennyiségben elégtelen ahhoz, hogy javítsa a talaj kémhatását .

5. táblázat: A szántóföldi minták pH értékei

A szántóföldi talajminták pH értékei		
Minta neve	pH_{H2O}	pH_{KCl}
Szántóföldi 2004 kontroll	4,9	4,0
Szántóföldi 2004 kezelt	4,9	4,0
Szántóföldi 2006 kontroll	4,5	3,8
Szántóföldi 2006 kezelt	4,6	3,9

5. 4. A kationcserélő képesség meghatározásának eredményei és az adatok statisztikai értékelése

5. 4. 1. A laboratóriumi modell minták



14. ábra: A laboratóriumi modell minták kationcserélő képességének eredményei és statisztikai elemzése, a szignifikáns különbségeket az ABC kisbetűivel jeleztem 95%-os konfidencia intervallumban

A 14. ábrán a laboratóriumi modell minták kationcsere kapacitásának eredményei láthatók a különböző kezelések hatására. A méréseket három ismétlésben végeztem el. (Az ábrához tartozó eredmények a melléklet B3. táblázatában találhatók.) Megállapítható, hogy a legkisebb értéket a homok minta esetében mértem. A 2%-os bentonit kezelést kapott mintánál ugyan tapasztaltam töltés növekedést, de az eredmény nem tér el szignifikánsan a homok minta töltésétől.

Az 5%-os bentonit adag esetében már szignifikáns növekedés tapasztalható mind a homok mintához, mind a 2%-os bentonit mintához képest.

10%-nyi bentonit hozzáadás hatására további szignifikáns növekedést tapasztaltam. A homokot, hígtrágyát és 2% bentonitot tartalmazó minta esetében nagyobb kationcsere kapacitás értéket mértem, mint az 5%-os bentonit adag esetében.

Meglepő módon a következő nagyobb kationcserélő képességgel rendelkező minta a legkisebb, - 2%-os - mennyiségben tiszta agyagásványt (montmorillonitot) tartalmazó minta, amit a hígtrágyát és 5 % bentonitot tartalmazó minta követ. Az is érdekes, hogy a 10 %-ban bentonitot és hígtrágyát is tartalmazó minta esetében további töltés növekedést nem tapasztaltam. A legnagyobb adagban csak bentonitot (10%) tartalmazó minta nagyobb kationcsere kapacitással rendelkezik, mint a szerves komponenst (hígtrágyát) is tartalmazó minták, bár a kezeléseknek statisztikailag azonos hatásuk van.

A két legmagasabb kationcserélő képesség értéket várakozásaimnak megfelelően az 5%-ban és 10%-ban montmorillonitot tartalmazó minták esetében mértem. A megduplázott montmorillonit tartalom ugyanakkor nem okoz további szignifikáns növekedést a minták töltésében.

Valószínűleg az 5%-ban és 10%-ban bentonitot és hígtrágyát is tartalmazó mintákban a szerves és szervetlen összetevőkből származó töltések semlegesítik egymást, vagy a szerves és szervetlen adalékanyagokból származó kötéspontok egymáshoz kapcsolódnak, így nem emelkedik tovább a minták töltése. Így lehetséges az, hogy a 10%-os bentonit kezelés hatására nagyobb értékeket mértem, de statisztikailag azonosnak tekinthetők a kezelések.

A különböző adalékanyagok hatására bekövetkező kationcserélő képesség változások között minden esetben erős lineáris regressziót figyeltem meg. A bentonit tartalom emelkedése és a minták kationcserélő képessége között a Pearson - féle korrelációs együttható 0,937; a növekvő bentonit és hígtrágya tartalom és a minták kationcserélő képességének eredménye között a Pearson féle korrelációs együttható 0,906 és a növekvő montmorillonit adagok esetében ez az érték 0,936.

Zentay és Gerei (1989) tőzeg – lápföld és helyben fellelhető javítóanyag kijuttatása során, Duna – Tisza közti meszes homoktalajon hasonló eredményről számol be a talajok adszorpciós kapacitásával kapcsolatban. Vizsgálatukat hidromorf meszes homoktalajon végezték, a kijuttatott anyagok mennyisége a következő volt, lápföld 750q/ha, illetve 600m³/ha agyag. Az anyagokat 30 cm-es rétegben forgatták be. Eredményeik szerint a kontroll terület adszorpciós kapacitása 2,84 me/100g – ról a lápfölddel kezelt területen 3,65 me/100g - ra, míg az agyaggal kezelt terület esetében 4,25 me/100g – ra változott. Véleményük szerint a talajjavító anyagok közül az agyag növeli jelentősen a talajok adszorpciós képességét.

5. 4. 2. Szántóföldi minták

A szántóföldi minták kationcserélő képességében szignifikáns különbség sem a kezelések, sem az évjáratok között nem volt tapasztalható. A legnagyobb kationcserélő képességet 2004-ben mintázott komposztal kezelt minta esetében, majd a 2006-ban mintázott kezelt minta esetében mértem. A következő érték a 2004-ből származó kontroll mintához tartozik, és legkisebb érték a

kontroll 2006-os mintához tartozik (6. táblázat, az ábrához tartozó eredmények a melléklet B4. táblázatában található, a méréseket három ismételtsben végeztem el).

6. táblázat: A szántóföldi minták kationcserélő képességének változása

Minta neve	T érték (cmol/kg)
2004 kontroll	4,2
2004 kezelt	5,3
2006 kontroll	3,6
2006 kezelt	4,7

A kijutatott komposzt mennyisége növelte a talaj kationcserélő képességét, ugyanakkor ez a növekedés nem volt szignifikáns. Az alkalmazott kezelés hatására a kijuttatást követő harmadik évben is (2006-os kezelt minta) magasabb értéket mértem, mint a kiindulási kontroll minta esetében. A növekedés oka a komposztban található szervesanyag, illetve a bentonit, melyek önmagukban nagy töltéssel bírnak, ezáltal megemelték a kezelt terület talajának töltését is.

5. 5. A szántóföldi minták szervesanyag tartalmának eredményei és az adatok statisztikai értékelése

A 7. táblázatban a szántóföldi kísérletből származó minták szervesanyag tartalmának eredményei láthatók. A hozzátartozó eredmények a melléklet B5. táblázatában található, a méréseket három ismételtsben végeztem el. A kezelés hatására nőtt a talaj szervesanyag tartalma. Mind a két mintázási időpontból származó minták esetében a kezelt területekről származó minták nagyobb szervesanyag tartalmat mutatnak, mint a kezeletlen területről származó minták.

7. táblázat: A szántóföldi minták szervesanyag tartalmának változása a szignifikáns különbségeket az ABC kisbetűivel jeleztem 95%-os konfidencia intervallumban

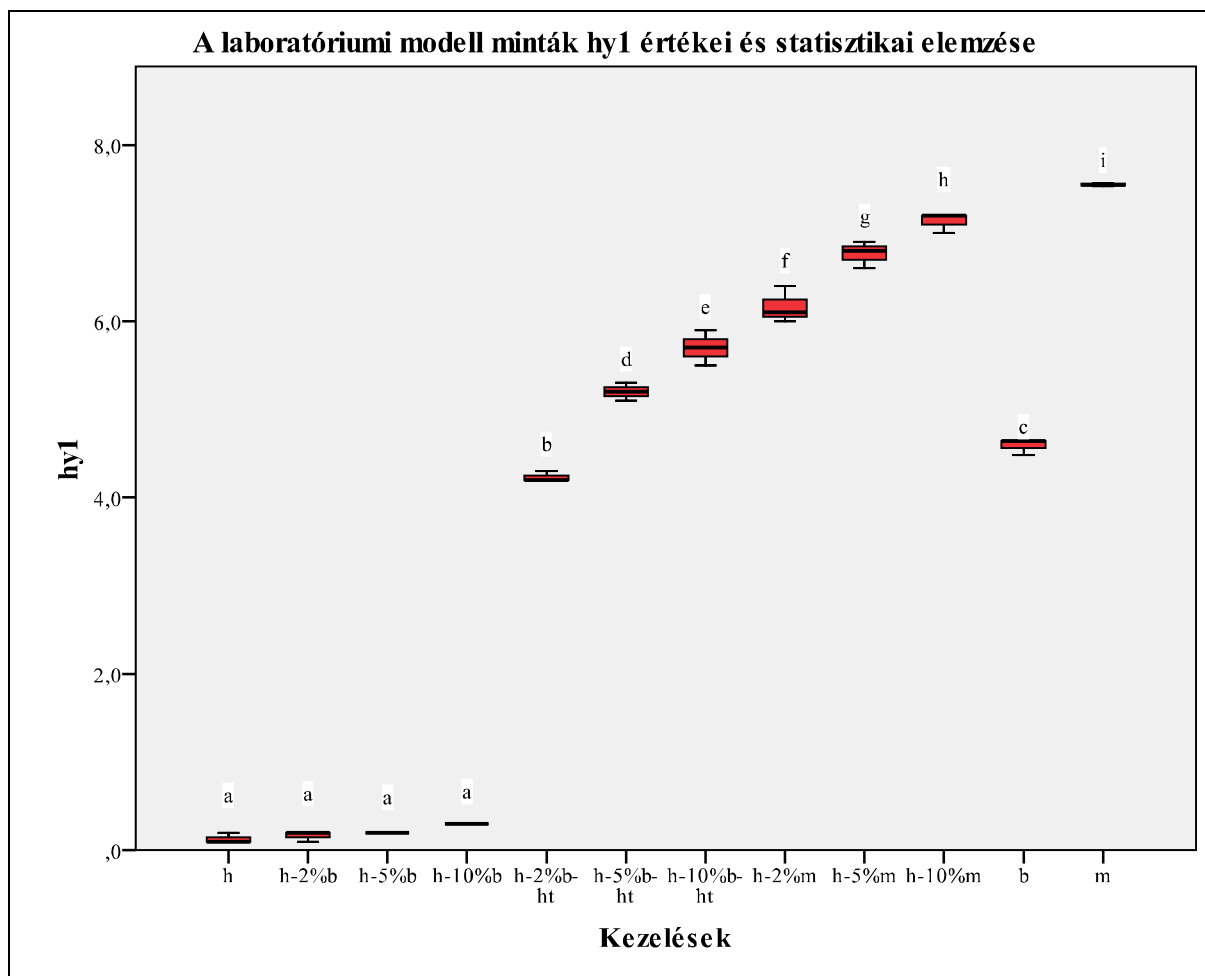
Minta neve	Szervesanyag tartalom (%)
2004 kontroll	0,87 (a)
2004 kezelt	1,03 (b)
2006 kontroll	0,74 (a)
2006 kezelt	0,92 (a)

Elmondható, hogy a kezelés hatására 2 év elteltével is magasabb szervesanyag tartalmat mértem, mint a kiindulási, kontroll parcella esetében. A táblázat adatain látszik, hogy a két mintázási időpont között a minták szervesanyag tartalmának csökkenése volt tapasztalható, bár statisztikai különbséget csak a 2004-es kezelt és a 2006-os kontroll, kezeletlen minta esetében tudtam kimutatni. Ez a minta rendelkezik a legalacsonyabb szervesanyag tartalommal.

Kazó (1981) összefoglalja hígtrágya, barnaszén, zeolit dezaggregátumokkal savanyú és meszes homoktalajon végzett tenyészedenyes és szántóföldi kísérleteit. Az eredeti talaj szervesanyag tartalma 0,49% volt, a dózisok függvényében a kezelések hatására a minták szervesanyag tartalma 0,7 – 1,8%-ra is megemelkedett.

Köhler (1989) a Buj Új Élet MGTSZ-ben végzett kutatásai során bentonittal dúsított komposzt alkalmazásakor homoktalajon 0,7%-os szervesanyag növekedést tapasztalt.

5. 6. A higroszkopossági mérések eredményei és az adatok statisztai értékelése



15. ábra: A laboratóriumi modell minták higroszkóposság értékei és statisztikai elemzése, a szignifikáns különbségeket az ABC kisbetűivel jeleztem 95%-os konfidencia intervallumban

A 15. ábrán a minták hy_1 értékei láthatók, a mintákat három ismételtsben mértem. A hozzá tartozó mérési sorok a melléklet B6. táblázatában található. Az eredményekből kitűnik, hogy a hozzáadott különböző mennyiségű bentonit kezelések hatására nem volt szignifikáns leiszapolható rész növekedés, a kontroll homok mintához képest. Ugyanakkor a pusztán bentonit kezelést kapott minták közül a legmagasabb hy_1 értéket a legnagyobb adagban hozzáadott bentonit alkalmazásakor kaptam. Megállapítható, hogy a bentonit kezelésnek statisztikailag igazolható eredménye nem volt az általam vizsgált homok minták higroszkóposság értékeire. Két okból kaphattam ezt az eredményt, az egyik ok az lehet, hogy nem állt elegendő ideig az exikátorban a minta és nem tudta a légkörből megkötni az általa potenciálisan megköthető nedvesség mennyiségét, vagy a minták homogenizálása nem volt tökéletes.

A különböző hígtrágya, bentonit kezelések egymáshoz is és a többi mintához képest is szignifikáns eltérést mutatnak. A növekvő bentonit tartalom hatására szignifikánsan növekedett a minták légtérből való nedvességmegkötő képessége.

Hasonló tendencia figyelhető meg a növekvő montmorillonit kezelések hatására, ahol a legnagyobb értékeket mértem, és szignifikánsan növekedett a minták hy_1 értéke is.

Ezek az eredmények összecsengenek Klimes-Szmik (1954) kutatásainak eredményeivel. Őriszentpéteren, futóhomok talajon beállított szabadföldi kísérletben vizsgálta a talaj hy_1 változását felszínre kijutatott istállótrágya hatására. Az eredeti talaj hy_1 értéke a 0-20 cm-es rétegben 0,45-ről a trágyázást követően 0,62-re emelkedett.

Stefanovits és Fekete (1984) lápföldes homokjavítás során Akasztón gyengén humuszos homokon arról számol be, hogy 60t/ha lápföldnek és 60 t/ha istállótrágyának nincsen kimutatható hatása. A 180 t/ha lápföld alkalmazásakor már kimutatható hatást tapasztaltak. A minták hy_1 értékei a következők szerint változtak: a kontroll parcella hy_1 értéke a 0-10 cm-es rétegben 0,24; a 20-30 cm-es rétegben 0,26; míg kezelt területen ez az érték 0,29 és 0,39-re nőtt.

A hozzáadott szerves és szervetlen adalékanyagok hatására bekövetkező higroszkóposág érték változások között is erős lineáris kapcsolat van. Ugyanakkor a növekvő bentonit tartalom és a higroszkóposág értékek között a Pearson - féle együttható gyengébb 0,843, mint amit a kationcserélő képességnél mértem. A növekvő mennyiségű bentonitot valamint a hígtrágyát tartalmazó minták esetében ez az együttható 0,995, míg a növekvő adagú montmorillonit tartalmú mintáknál 0,996.

A minták higroszkóposág értékeinek alakulása nem teljesen egyezik meg előzetes elvárásaimmal, miszerint hasonló tendenciát vártam az eredmények alakulásában, mint a kationcsere kapacitás mérések során, vagyis legalább a 10%-os bentonit kezelés hatására már mérhető statisztikai változást reméltem.

A szántóföldi minták hy_1 értékei semmiféle változást nem mutattak, sem a kezelések, sem a mintázások között eltelt idő függvényében (melléklet B7. táblázat). A szabadföldi minták kationcserélő képességében, ha statisztikailag igazolható hatást nem is, de tendenciájukban javulást tapasztaltam.

5. 7. Nedvesség visszatartó képesség meghatározásának eredményei és az adatok statisztikai értékelése

A kiinduló anyagok vízvisszatartásának meghatározása során (18. ábra, a méréshez tartozó vizsgálati sorok a melléklet B8. táblázatában találhatók, a méréseket három ismétlésben végeztem el) a módszertanban leírt 25 cm³ víz helyett a vízadagot a duplájára kellett növelni a bentonit esetében, mert a 25 cm³ víz adott idő alatt nem, vagy csak kismértékben szívárgott át a mintákon. A

montmorillonit esetében a megnövelt vízádaggal sem kaptam értékelhető eredményt, mert tömegvesztés nem volt megállapítható, illetve a minta beduzzadt és nem engedte át a vizet (16. ábra és 17. ábra).



16. ábra: A beduzzadt montmorillonit fényképe



17. ábra: A beduzzadt montmorillonit minta nem engedi át a vizet

5. 7. 1. A laboratóriumi modell minták nedvesség visszatartás eredményei és az adatok statisztikai értékelése

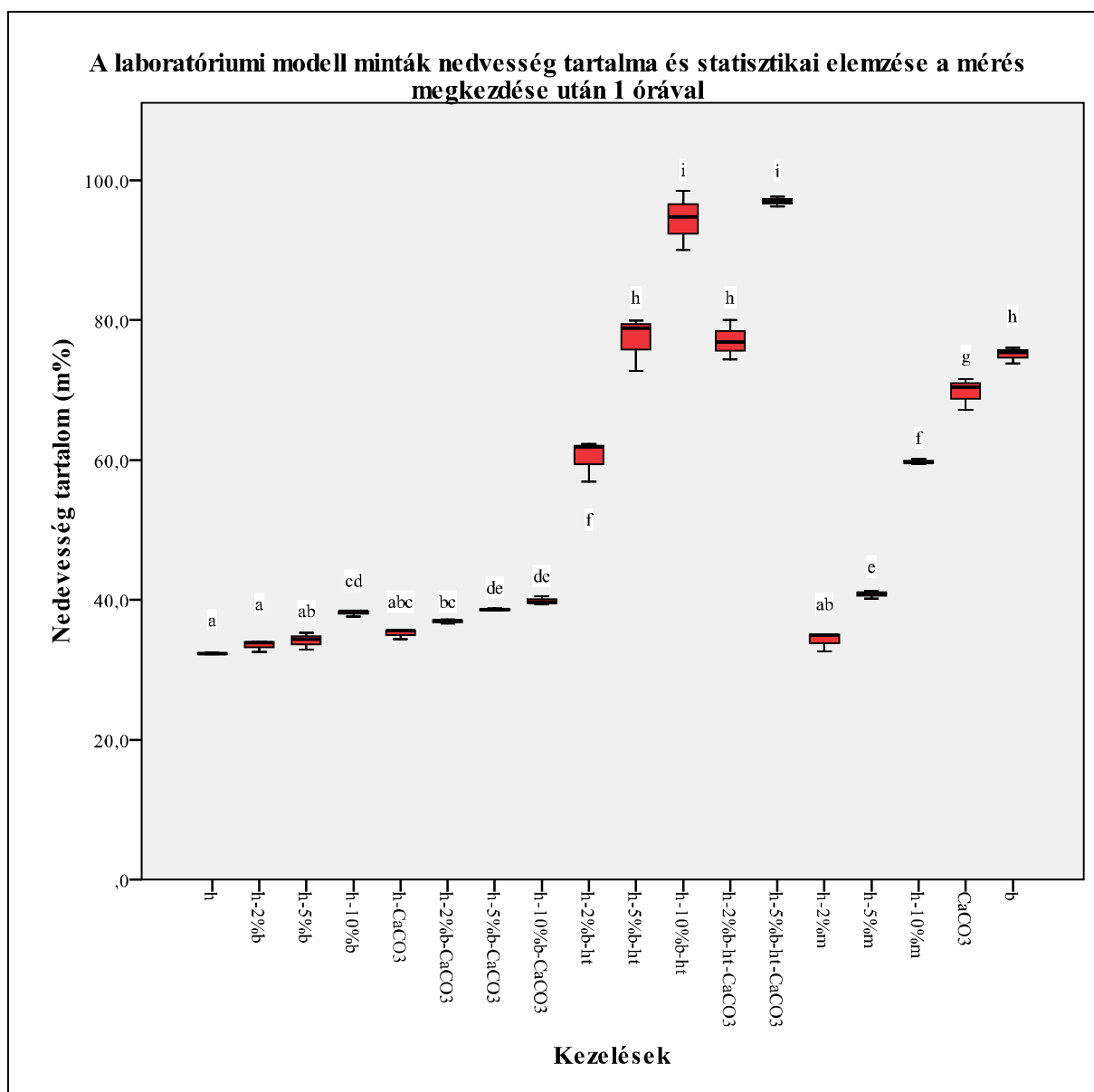
Az egyórás mérésnél (18. ábra, az eredmények a melléklet B8. táblázatában találhatók) a nedvességtartalomban a kiinduló homok mintához viszonyítva a 2%-os bentonit kezelést kapott homok minta statisztikailag azonos eredményt mutat, szignifikáns növekedés nem tapasztalható, de a gravitációval szemben visszatartott nedvesség mennyisége növekedett.

Az 5%-ban bentonitot tartalmazó homok minta és a 2%-ban montmorillonitot tartalmazó minta a kezelés szempontjából statisztikailag azonosnak tekinthető az egy órás nedvességtartalmat figyelembe véve. E két mintánál nem tudtam szignifikáns különbséget kimutatni csak tendenciájában tapasztalható javulás a kiindulási kontroll homok mintához képest. A homokot és mészsizapot tartalmazó minta nedvességtartalma kevés növekedést mutat az előbb tárgyalt mintákhoz képest.

A homokhoz 2%-ban hozzáadott bentonit és mészsizap már szignifikánsan igazolható javulást eredményezett a kiindulási kontroll homok mintához viszonyítva.

A 10%-os bentonit kezelés szignifikáns nedvességtartalom növekedést mutat a 2%-ban montmorillonitot és 5%-ban bentonitot tartalmazó mintákhoz képest.

Az 5%-ban és 10%-ban bentonitot és mészsizapot tartalmazó minták szignifikánsan azonos hatást fejtenek ki, de több nedvességet képesek statisztikailag visszatartani, mint a 10% bentonitot tartalmazó homok minta. További nem szignifikáns, bár tendenciájában igazolt nedvesség visszatartás figyelhető meg az 5%-os montmorillonit kezelést kapott minták esetében is az 5%-ban és 10%-ban bentonitot és mészsizapot tartalmazó mintákhoz viszonyítva. Szignifikáns eltérés mutatható ki a 10%-os bentonit kezelést kapott homok mintához képest.



18. ábra: A laboratóriumi modell minták nedvesség tartalma a mérés megkezdése után 1 órával, a szignifikáns különbségeket az ABC kisbetűivel jeleztem 95%-os konfidencia intervallumban

Szignifikánsan azonos eredménye van a 10% montmorillonit tartalmú és a 2%-ban bentonitot és hígtrágyát is tartalmazó mintának. E minták nedvesség tartalma 1 óra elteltével szignifikánsan nagyobb volt a többi minta nedvesség tartalmánál.

A 2%-ban bentonitot, hígtrágyát és CaCO₃-ot is tartalmazó homok minta 1 óra elteltével mért nedvesség tartalma szignifikánsan megegyezik az 5%-ban bentonitot és hígtrágyát tartalmazó minta nedvesség tartalmával.

A legnagyobb nedvesség értékeket a 10%-ban bentonitot és hígtrágyát tartalmazó homok mintákon, illetve az 5%-ban bentonitot, hígtrágyát továbbá mészsizapot tartalmazó minták esetében mértem. A két kezelés a nedvesség eredményeket figyelembe véve szignifikánsan azonosnak mondható.

A hozzáadott bentonit tartalom és a minták nedvesség visszatartási képessége között erős lineáris korrelációt figyeltem meg, a Pearson - féle együttható 0,891. Az együttható értéke növekszik, ha a bentonitot és mészsizapot együtt alkalmazom, 0,957. A kapcsolat szorossága tovább nő, ha szerves komponenst is adtam a mintákhoz, 0,965; a legszorosabb kapcsolatot abban az esetben tapasztaltam, amikor a minta mind szerves mind kétféle szervesetlen komponenst is tartalmazott 0,992.

Az egyórás mérések alapján megállapítható, hogy a növekvő ásványi kolloid tartalommal növekszik a minták nedvesség tartó képessége, e hatás jobban érvényesül mészsizap, illetve a hígtrágya alkalmazásával. A legkedvezőbb hatást a hígtrágya, bentonit, mészsizap együttes alkalmazása során mértem.

A nedvesség visszatartó képesség mérése gyorsan és egyszerűen kivitelezhető, ugyanakkor jól mutatta a hozzáadott anyagok hatására bekövetkező változásokat. A minták vízmegkötő képessége akkor adta a legnagyobb értékeket, amikor a nagy adagú szerves és szervesetlen adalékanyagok hozzáadását mészsizap hozzáadásával kombináltam. Ugyanakkor elmondható, hogy mészsizap hozzáadása önmagában már jelentősen növelheti a talajok nedvesség megkötő képességét, nyilván a talajok szerkezetességére kifejtett hatásán keresztül. A nedvesség visszatartás mérése, mint a talajok szerkezetére vonatkozó indirekt vizsgálati mód, azt az eredményt hozta, hogy legjobban a szervesanyagot, agyagásványt, kalcium-karbonátot tartalmazó minták tartották vissza a nedvességet. A fenti anyagok mennyiségének csökkentésével romlik a minták nedvesség visszatartó képessége. Megállapítható továbbá, hogy a mészsizap alkalmazása jobb hatással volt a minták nedvesség visszatartó képességére, mint amit a legkisebb mennyiségű montmorillonit, és a 2% és 5% bentonit tartalmú minta esetében tapasztaltam, ami alapján azt feltételezhetjük, hogy a CaCO_3 alkalmazása jobb szerkezetképződést eredményez, mint az előbb említettek.

A kis és közepes adagban hozzáadott bentonitnak a legtöbb esetben nem volt szignifikáns hatása a talajok nedvesség megkötő képességére. Ez az eredmény összességében megegyezik a kationcsere kapacitás és higroszkóposág méréseim eredményeivel.

5. 7. 2. A szántóföldi minták nedvesség visszatartás eredményeinek statisztikai értékelése

Egy órával a mérés megkezdése után (8. táblázat, a méréshez tartozó eredmények a B9. melléklettáblázatában találhatók, a méréseket három ismételtsben végeztem el) a legalacsonyabb nedvesség tartalmat a 2006-os kontroll minta esetében mértem ez szignifikánsan eltér mind a 2004-es kezeletlen mintától,- ami a legnagyobb nedvesség értéket mutatta - mind a 2004-es komposzttal kezelt mintától.

8. táblázat: A szántóföldi minták nedvesség tartalma a mérés megkezdése után 1 órával a szignifikáns különbségeket az ABC kisbetűivel jeleztem 95%-os konfidencia intervallumban

Minta neve	Nedvesség tartalom (%)
2004 kontroll	49 (bc)
2004 kezelt	48 (b)
2006 kontroll	46 (a)
2006 kezelt	47 (ab)

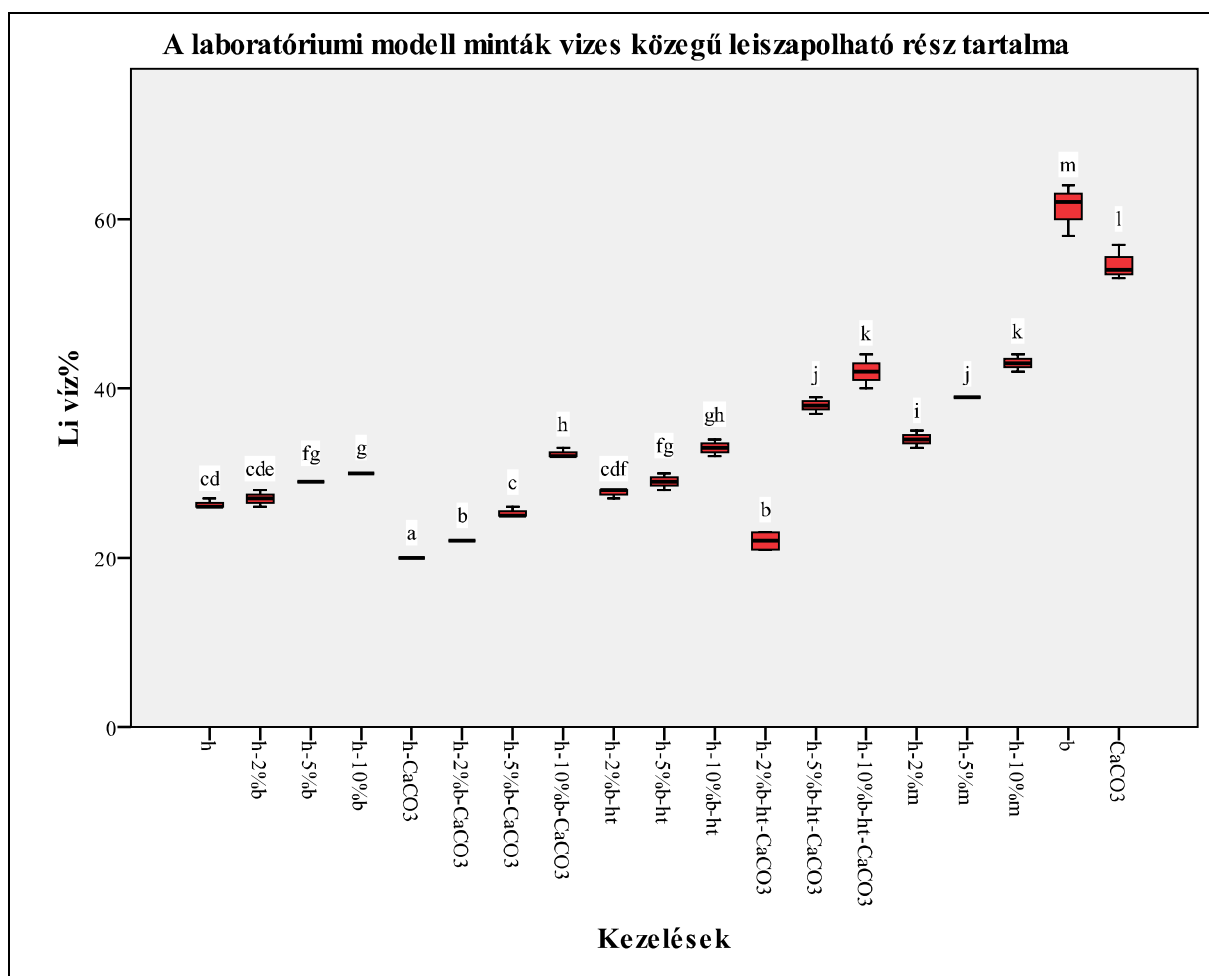
A 2004-es minták esetében szignifikáns eltérést nem lehetett kimutatni. A 2006-os komposzttal kezelt minta nagyobb nedvességet képes a gravitációval szemben visszatartani, mint a 2004-es kezeletlen minta, ugyanakkor szignifikáns különbség nincs köztük. A 2006-os komposzttal kezelt minta szignifikánsan kevesebb nedvességgel bír, mint a 2004-es kontroll minta.

5. 8. Egyszerűsített talajfizikai mérések eredményei és az adatok statisztikai elemzése

5. 8. 1. Laboratóriumi modell minták eredményei és az adatok statisztikai elemzése, vizes diszpergálás után

A 19. ábrán a laboratóriumi modell minták vizes közegben meghatározott leiszapolható részének diagramja látható. A méréshez tartozó eredmények a melléklet B10. táblázatában található, a méréseket három ismételtsben végeztem el. A legkisebb leiszapolható rész mennyiséget a homokot - mésziszapot tartalmazó mintán mértem, ami szignifikánsan eltér a többi mintától. Bentonit hozzáadásával a vizes közegű leiszapolható rész tartalom szignifikánsan növekszik. A bentonit kezelés növeli a kontroll homokminta leiszapolható rész arányát. Minél nagyobb adagú a bentonit kezelés annál magasabb leiszapolható rész értékeket mértem.

A bentonitot és hígtrágyát is tartalmazó minták mérésénél is az előzetes elvárásaimnak megfelelő képet kaptam, a kezelések a kiinduló homokmintához képest növelték a minták leiszapolható rész tartalmát. Ebben az esetben is megállapítható hogy a növekvő bentonit tartalom hatására növekszik a leiszapolható rész tartalom.



19. ábra: A laboratóriumi modell minták vizes közegű leiszapolható része a szignifikáns különbségeket az ABC kisbetűivel jeleztem 95%-os konfidencia intervallumban

Érdekes, hogy mind bentonitot, mind hígtrágyát és mésziszapot is tartalmazó minták esetében a legkisebb 2%-os bentonit kezelés is szignifikánsan kisebb eredményt képvisel, mint a kiindulási kontroll homok minta. A bentonit adagok emelésével - 5% és 10% bentonitot tartalmazó minták - növekszik a minták leiszapolható rész tartalma.

Hasonló képet kapunk a montmorillonit tartalom növelésével, a növekvő montmorillonit tartalom esetében szignifikánsan növekszik a minták leiszapolható része.

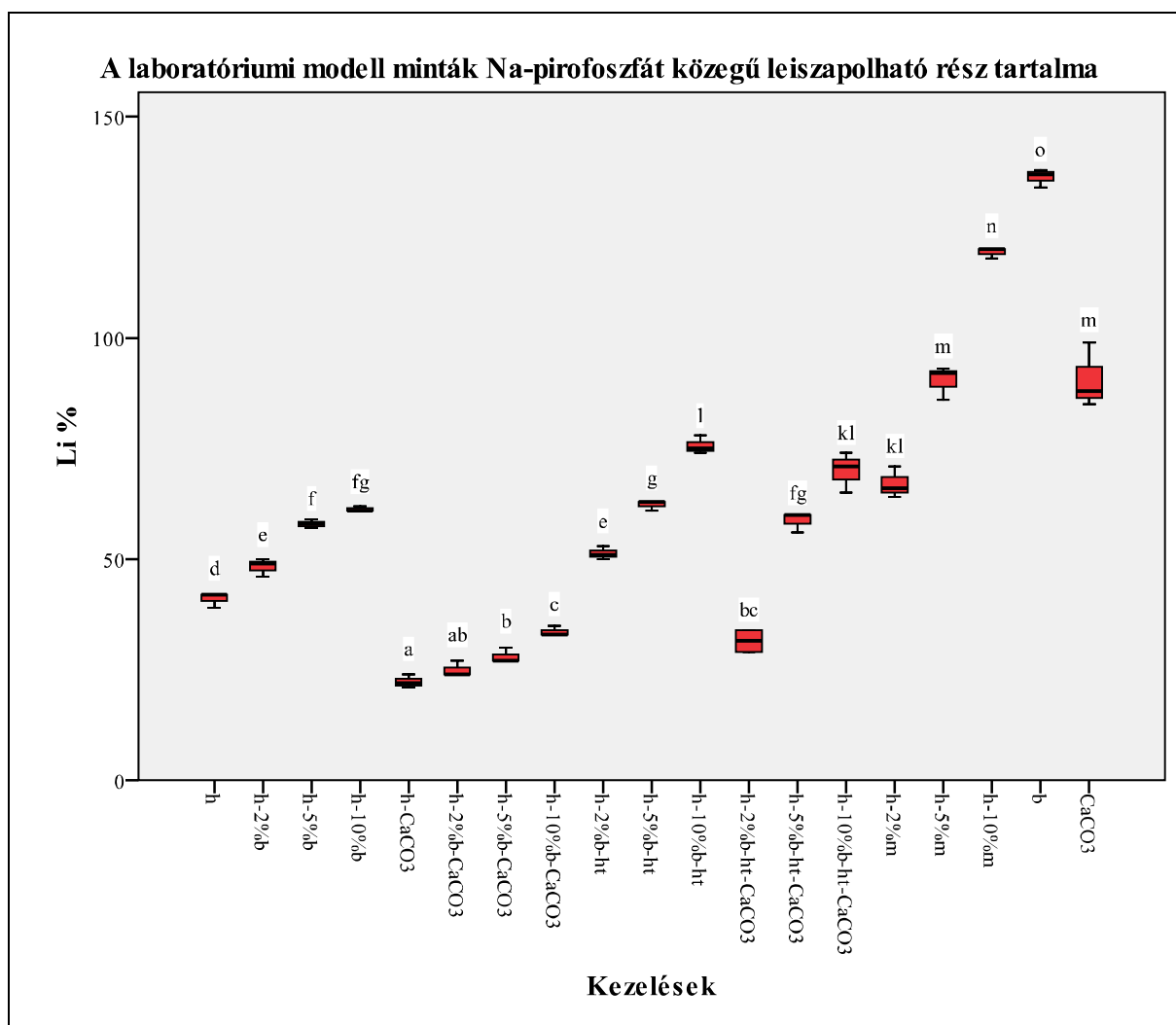
Kezdeti feltételezésem az volt, hogy a kontroll homok mintán mérem a legkisebb leiszapolható rész tartalmat, feltételezve, hogy a vizes diszpergálás során a homok talajból diszpergálódik a legkevesebb 0,02 mm-nél kisebb részecske.

Véleményem szerint a mésziszapot is tartalmazó mintáknál a kialakuló kötések miatt a vizes közegű diszpergálás során, a 0,02 mm-nél kisebb részek nem tudnak szuszpenzióba menni. Növelve a bentonit és a montmorillonit mennyiségét a leiszapolható rész tartalom is növekszik, mert több leiszapolható rész tartományba eső részt tartalmaznak.

A növekvő bentonit tartalom és a leiszapolható rész tartalom eredmények között erős lineáris kapcsolat van, a Pearson – féle korrelációs együttható 0,936, míg ez az érték mésziszapot és

bentonitot is tartalmazó minták esetében 0,658. A hígtrágyát és bentonitot is tartalmazó minták esetében már szoros kapcsolatot mutattam ki növekvő bentonit tartalom és a vizes közegű leiszapolható rész eredményei között, ebben az esetben a Pearson – féle együttható 0,794. Szorosabb kapcsolatot mértem, mikor mind szerves, mind kétféle szervesetlen adalékanyagot alkalmaztam, 0,813. A legszorosabb összefüggést a növekvő montmorillonit tartalom esetében tapasztaltam ahol az r értéke 0,984.

5. 8. 2. Laboratóriumi modell minták eredményei és az adatok statisztikai elemzése, Na-pirofoszfátos diszpergálás után



20. ábra: A laboratóriumi modell minták Na-pirofoszfátos leiszapolható része a szignifikáns különbségeket az ABC kisbetűivel jelöltem 95%-os konfidencia intervallumban

A Na-pirofoszfátos diszpergálás hatására (20. ábra) az erősebb, nagyobb erőkkel összekötött halmazok is diszpergálódtak. Ezt mutatja a nagyobb leiszapolható rész tartalom, összehasonlítva a vizes leiszapolható rész tartalommal (19. ábra). A méréshez tartozó eredmények a melléklet B10. táblázatában található, a méréseket három ismétlésben végeztem.

Ebben az esetben is a legkisebb értéket a homokot és mésziszapot tartalmazó mintán mértem. Itt is megállapítható, hogy a bentonit tartalom növelésével emelkedik a minták leiszapolható része. Ugyanakkor ennél a mérésnél a legnagyobb mennyiségben bentonitot és mésziszapot tartalmazó minta is szignifikánsan kisebb eredményt adott, mint a kiindulási kontroll homokminta.

A homokhoz hozzáadott bentonit ebben az esetben is növelte a minták leiszapolható részét.

Hasonló megállapítás tehető a bentonitot és hígtrágyát tartalmazó minták esetében is, a legkisebb alkalmazott mennyiség is szignifikánsan több leiszapolható részt eredményezett. Növelve a bentonit mennyiségét, a leiszapolható rész aránya is növekedett.

A vizes közegű diszpergálás eredményeivel összevetve a bentonitot – hígtrágyát és mésziszapot legkisebb mennyiségben tartalmazó minta esetében szignifikánsan kisebb értéket kaptam, mint a homokmintánál. Növelve a bentonit mennyiségét növekszik a minták leiszapolható rész tartalma, de nem a legnagyobb leiszapolható rész eredményeket mutatják, mint ez megfigyelhető volt a vizes közegű diszpergálás során.

A növekvő montmorillonit tartalommal szignifikánsan növekszik a minták leiszapolható rész tartalma.

A Na – pirofoszfátos közegű diszpergálás során a mésziszap nem a második legnagyobb értéket képviselte, hanem statisztikailag azonos eredményt adott, mint az 5%-os montmorillonit kezelés. A 10%-os montmorillonit kezelés a mésziszap mintánál szignifikánsan nagyobb értéket adott.

A legnagyobb értéket a bentonit mintán mértem.

Ennél a vizsgálatnál is a növekvő bentonit tartalom és a leiszapolható rész tartalom között erős a korreláció, a Pearson – féle együttható 0,974, míg a bentonitot és mésziszapot is tartalmazó minták és a leiszapolható rész eredmények növekedése között kapcsolatot nem tudtam kimutatni. A bentonitot és hígtrágyát is tartalmazó minták esetében szintén erős korreláció tapasztalható, ebben az esetben az r értéke 0,993, míg a mindhárom összetevőt tartalmazó mintákban ez az érték 0,774. A növekvő mennyiségű montmorillonitot tartalmazó minták és a növekvő leiszapolható rész tartalom között majdnem függvényyszerű összefüggés volt tapasztalható, az r érték 0,996.

Mivel a kontroll homok mintából több leiszapolható rész méret-tartományba eső részecske szabadul ki, így ebben az esetben is arra a következésre juthatunk, hogy a homok több leiszapolható részt tartalmaz, mint a mésziszapot és bentonitot tartalmazó minták.

A többi kezeléssel összehasonlítva, feltételezésem szerint a pirofoszfátos diszpergálás során a CaCO_3 jelenléte és a Na-pirofoszfát lúgos tulajdonságai miatt a mésziszapot tartalmazó mintákból kevesebb leiszapolható rész méret-tartományba eső részecske szabadul ki. Feltételezhetően, a karbonát oldása még annyira sem játszódott le, mint a vizes diszpergálás során.

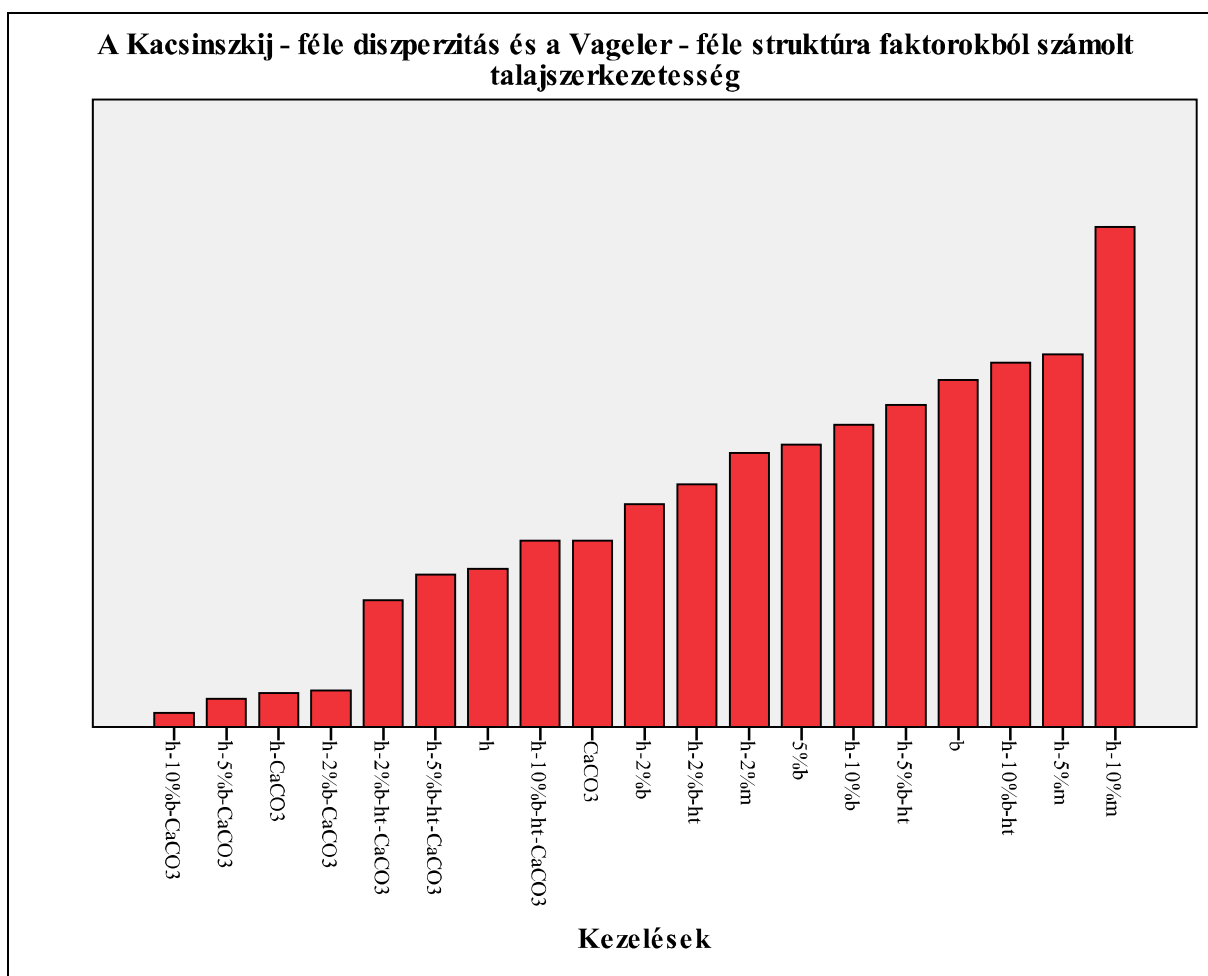
A pirofoszfátos diszpergálás során is hasonló megállapításokra jutottam, mint a vizes diszpergálásnál. A talajban lévő „ragasztóanyagok” nem tökéletes eltávolítása, roncsolása, nagyban befolyásolja a mérés eredményét, a mért értékek valószínűleg kisebbek, mint az elméletileg elvárható leiszapolható rész mérettartományba eső részek mennyisége. Mindezen eredmények ismeretében a hozzáadott szerves és ásványi anyagok hatására közelítőleg én is hasonló leiszapolható rész növekedést tapasztaltam, mint Prettenhoffer (1981) futóhomokon réti talaj felső 80 cm-es rétegének elterítése után, ahol a talaj leiszapolható rész tartalma fokozatosan a kezdeti 30%-ról 11%-ot emelkedett.

Agyag százalék növekedést tapasztalt Zentay és Gerei (1989) helyben fellelhető javítóanyag használata során Duna – Tisza közti meszes homoktalajon. Vizsgálataik során a kezdeti talaj 2,4 – 3,1 agyag % - át megemelték 39 – 65%-ra, 600 m³ agyag kijutása és 30 cm-es mélységbe keverése után.

5. 8. 3. Laboratóriumi modell minták módosított Kacsinszkij - féle diszperziós faktorok és a Vageler – féle struktúra faktorok eredményei és az adatok statisztikai elemzése

A Kacsinszkij - féle diszperziós faktorok és a Vageler – féle struktúra faktorok elvárásaim szerint tendenciájukban azonos eredményeket hoztak. Ugyanakkor meg kell említenem, hogy vannak olyan kezelések, amelyek a statisztikai vizsgálatok során nem azonos szignifikancia csoportba kerültek. A méréshez tartozó eredmények a melléklet B10. táblázatában található.

E számítások eredményeit a 21. ábra mutatja be, ahol a mintákat a mérésekből származtatott leggyengébb szerkezettel rendelkező mintától a legfejlettebb szerkezetű mintáig rangsoroltam.



21. ábra: A Kacsinszki-féle diszperzitás faktor és a Vageler-féle struktúra faktorok alapján számolt talaj mikroszerkezetességének rangsora

Az egyszerűsített talajfizikai módszerekkel kapott eredmények a mésziszapot tartalmazó minták eredményeitől eltekintve, hasonló eredményeket hoztak, mint az előzőekben bemutatott mérések. A mésziszapot tartalmazó mintákat kivéve a többi minta esetében kezdeti elvárásaimnak megfelelő képet kaptam. A növekvő szerves és szervetlen adalékanyagok hatására növekszik a minták módosított számolt mikroszerkezetessége. A legnagyobb értéket a 10% montmorillonitot tartalmazó mintánál mértem. Leggyengébb szerkezetet a mésziszapot tartalmazó minták mutattak, feltehetően azért, mert nem volt megfelelő a minták diszpergálása.

5. 8. 4. Szántóföldi minták leiszapolható részének vizes és Na-pirofoszfátos diszpergálásának, és az ebből számolt mutatók eredményei és statisztikai elemzése

A 9. táblázat eredményeiből látszik, (melléklet B11. táblázat) hogy a 2004-ben mintázott, komposztal kezelt parcellából származó minta esetében mértem a legmagasabb leiszapolható rész tartalmát. A mérés alapján megállapítható, hogy a vízben diszpergálódó részecskék a kezelés után 2 év múlva már nem találhatók meg a talaj, mintázott felső rétegében, valószínűleg a művelés és az időjárás következtében a mélyebb szintekbe mozdulhattak el.

Mind a Kacsinszkij – féle diszperzitás faktor, mind pedig a Vageler - féle struktúrafaktor esetében szignifikáns különbség csak az évjáratok között volt, miszerint a két mintázási időpontból származó minták statisztikailag különböznek egymástól. A kezelések hatására statisztikai különbséget nem mutattam ki.

9. táblázat: A szántóföldi minták leiszapolható rész tartalmainak és a belőlük számolt módosított faktorok változása, a szignifikáns különbségeket az ABC kisbetűivel jeleztem 95%-os konfidencia intervallumban

Minta neve	Li% víz	Li% Na-pirofoszfát	Kacsinszkij - féle diszperzitás faktor	Vageler - féle struktúra faktor
Kontroll 2004	32,05 (a)	55,60 (a)	57,67 (b)	73,43 (a)
Kezelt 2004	33,39 (b)	58,77 (ab)	56,84 (b)	76,00 (a)
Kontroll 2006	31,71 (a)	59,44 (ab)	53,37 (a)	87,51 (b)
Kezelt 2006	31,95 (a)	61,81 (b)	51,71 (a)	93,51 (b)

5. 9. Reológiai vizsgálatok eredményei

A reológiai mérések során összehasonlítottam egymással a folyásgörbék felszálló ágait – növekvő nyírási feszültség hatására bekövetkező szerkezet változás - és leszálló ágait - csökkenő nyírási feszültség hatására bekövetkező szerkezetátrendeződés -, illetve meghatároztam a folyásgörbék kezdeti maximumát, τ_{inimax} (Pa) és a Bingham-féle folyáshatárt (τ_B).

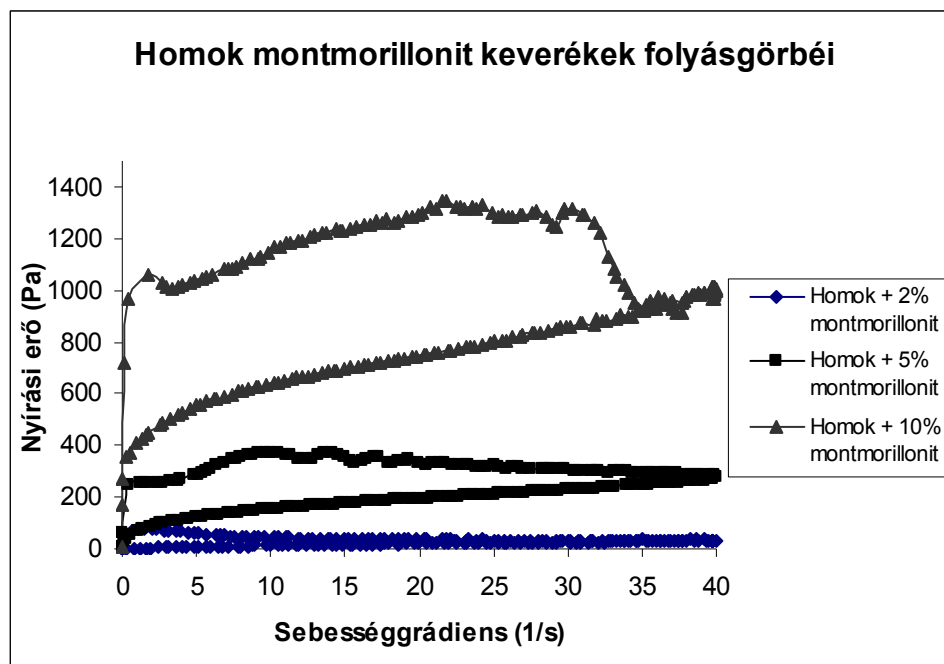
5. 9. 1. A laboratóriumi modell minták folyásgörbéinek elemzése

Nyugalmi állapotban a rendszerben lévő részecskék vázszerű szerkezetet hoznak létre, amely mozgatás hatására összeomlik, és folyás indul meg (felszálló ág). A külső mozgató hatás megszűnte után az eredeti (él—lap, lap—lap kapcsolódásokkal kialakuló) váz újra felépül, ha ehhez elég időt hagyunk (leszálló ág). A szerkezet felszakításához szükséges feszültség mérhető.

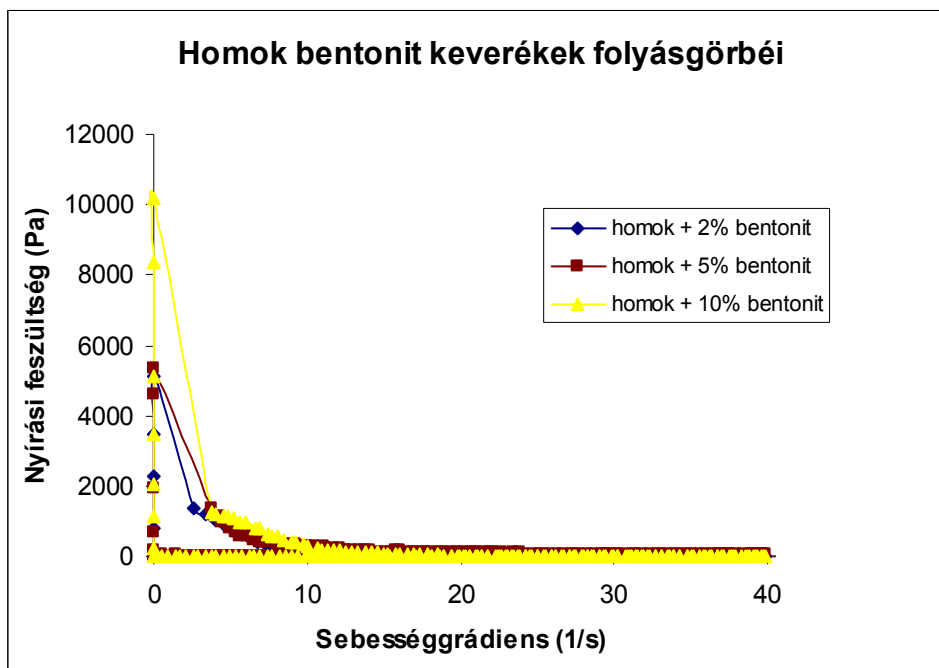
Minél több a szuszpenzióban az agyagásvány tartalom, annál erősebb kötőerőt biztosít a részecskék között (22. ábra). A tiszta homok esetén nem, vagy kis erő kellett a szuszpenzióban lévő kötőerők felszakításához. Az agyagtartalom növelésével ezen erők egyre nagyobbak lesznek és egyre jobban érvényre jutnak, ez a görbék felszálló ágának egymáshoz viszonyított helyzetéből látszik. A legnagyobb nyírási feszültséget a 10%-os montmorillonitot tartalmazó minta viseli el, ez azt jelenti, hogy ebben a szuszpenzióban lévő kötőpontok száma a legtöbb. Mind az 5%, mind a 2% montmorillonitot tartalmazó szuszpenzió felszálló ágai jól elkülöníthetők és az 5% montmorillonitot tartalmazó minta nagyobb nyírási feszültséget képes elviselni, mint a 2% montmorillonitot tartalmazó minta. Az 5% montmorillonit tartalmú szuszpenzióban a részecskék között erősebb kötések vannak, mint a 2% montmorillonit tartalmú szuszpenzióban.

A folyásgörbék leszálló ágaiból a szuszpenzió nyírás megszűnése utáni szerkezet visszarendeződésére következtethetünk, azaz a szuszpenzióban lévő anyagok képesek-e újra szerkezet kialakításra. Ebben az esetben legmagasabban a 10% montmorillonitot tartalmazó minta leszálló ága a többi minta leszálló ága felett fut, még az 5% montmorillonitot tartalmú minta leszálló ága is jól elkülöníthető, de a 2% montmorillonitot tartalmú minta leszálló ága már az x tengelyen vagy az x tengely közelében fut, azaz ebben az esetben nem tapasztalható a szuszpenzió szerkezetének visszarendeződése. A görbék leszálló ágainak elhelyezkedéséből is a szuszpenzióban lévő kötőpontok számára, illetve a kötőpontok erősségére következtethetünk.

A folyásgörbék le és felszálló ágainak elemzése során elmondható, hogy a 10% montmorillonit tartalmú minta képes a legnagyobb nyírási feszültséget elviselni, és ebben az esetben tapasztalható a bolygatás után a szuszpenzió szerkezetének visszarendeződése. Az 5% montmorillonit tartalmú szuszpenzió a következő, és a legkisebb nyírási feszültséget a 2% montmorillonit tartalmú minta képes elviselni. Az ábrából megállapítható, hogy a legtöbb kötés a 10% montmorillonit tartalmú szuszpenzióban van és a legkevesebb a 2% montmorillonit tartalmúban.



22. ábra: Különböző homok-montmorillonit keverékek folyás görbéi

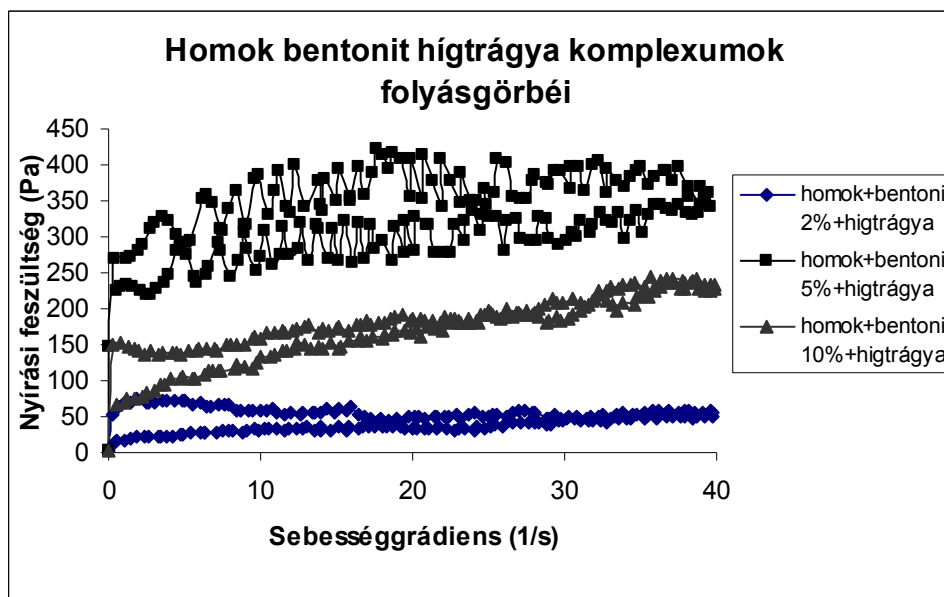


23. ábra: Különböző homok-bentonit arányú keverékek folyás görbéi

A 23. ábrán a különböző bentonit adagokkal kezelt laboratóriumi minták folyásgörbéi láthatók. A görbék felszálló ágaiból megállapítható, hogy a legnagyobb nyírási feszültséget a 10%-nyi bentonitot tartalmazó minta képes elviselni, a minta felszálló ága jól kivehetően a többi minta felett fut. Ilyen egyértelmű különbséget az 5% és a 2%-os kezelés esetében nem lehet leírni, de az 5% bentonittal kezelt minta „felszálló” ága a 2%-os bentonit kezelést kapott minta felszálló ága fölött fut.

A folyásgörbék leszálló ágai alapján a minták között különbséget nem tudtam kimutatni, így megállapítom, hogy csak a folyásgörbék elemzése alapján a szuszpenzióban szerkezet visszaépülés a bentonitot tartalmazó minták esetében nem történt.

A bentonitot tartalmazó minták esetében is hasonló megállapítást lehet tenni, mint a montmorillonitot tartalmazó minták esetében. A folyásgörbék lefutása alapján a legerősebb kötéseket a legnagyobb mennyiségben ásványi komponenst tartalmazó minta tartalmazza, ugyanis ez képes a legnagyobb nyírási feszültséget elviselni.



24. ábra: Különböző arányú homok-bentonit-hígtrágya komplexumok folyás görbéi

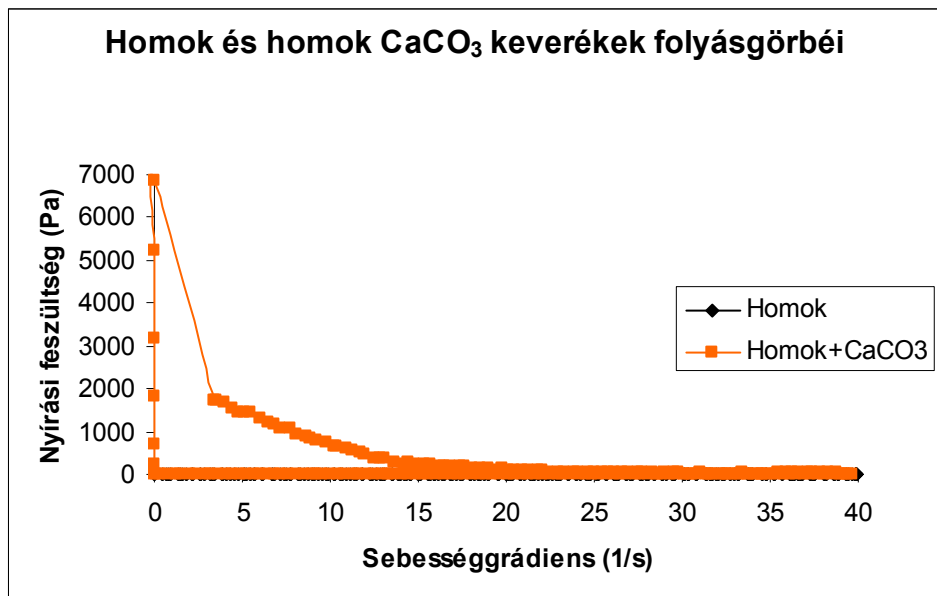
A hígtrágya és bentonit kezelések folyásgörbéit tüntettem fel a 24. ábrán. A különböző adagban szerves és szervetlen komponenst tartalmazó minták folyásgörbéinek fel- és leszálló ágai jól elkülöníthetők. A görbék lefutása „rezeg”, ez a mintákban található, hígtrágyából származó állati szőrök, szalmák mérést zavaró hatásának következménye.

Az 5%-ban bentonitot és hígtrágyát tartalmazó minta folyásgörbéje a többi minta folyásgörbéje felett fut. A 10%-ban bentonitot és hígtrágyát tartalmazó minta görbéje az 5%-nyi bentonit tartalmú mintáé alatt fut, de határozottan elkülöníthető a 2%-ban bentonitot és hígtrágyát tartalmazó minta folyásgörbéjének felszálló ágától. Ez alapján megállapítható, hogy a legnagyobb nyírási feszültséget az 5% bentonitot és hígtrágyát tartalmazó minta képes elviselni, azaz ebben a szuszpenzióban lévő kötőpontok kapcsolódása a legerősebb.

A különböző mennyiségben bentonitot és hígtrágyát tartalmazó minták folyásgörbéi leszálló ágainak elemzése során is jól elkülöníthetők egymástól a különböző kezelések, a minták leszálló ágai egyértelműen követhetők. A leszálló ágak vizsgálata során is elmondható hogy az 5% bentonitot és hígtrágyát tartalmazó minta leszálló ága a többi minta leszálló ága felett fut, majd a 10% bentonitot és hígtrágyát és a 2% bentonitot és hígtrágyát tartalmazó minta következik. A szerves és szervetlen komponenst is tartalmazó minták folyásgörbéinek elemzése során minden esetben tapasztaltam a szuszpenzió szerkezetének visszarendeződését, amit a bentonitot tartalmazó minták esetében nem tapasztaltam.

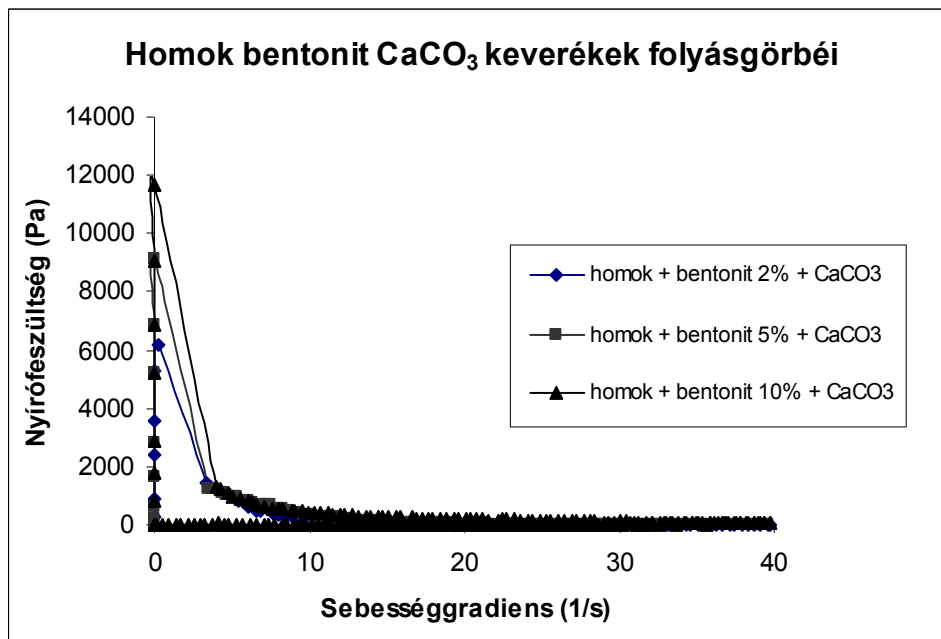
Érdekesnek tűnhet, hogy az 5%-ban bentonitot tartalmazó minta folyásgörbéje a 10%-ban bentonitot tartalmazó minta görbéje felett fut. Koncentrált agyagásvány szuszpenziók vizsgálata során Tarchitzky és munkatársai (1993) valamint Tombác (2002) hasonló eredményekről számoltak be, miszerint a szuszpenzióhoz hozzáadott milli - molos szervesanyag „elfolyósítja” a

rendszert. Valószínűleg ebben az esetben is az lehet a magyarázat, hogy szervesanyag – agyagásvány kötések jönnek létre és a homokszemcsék nem koagulálnak olyan mértékben, mint az 5%-os bentonit adag esetében.



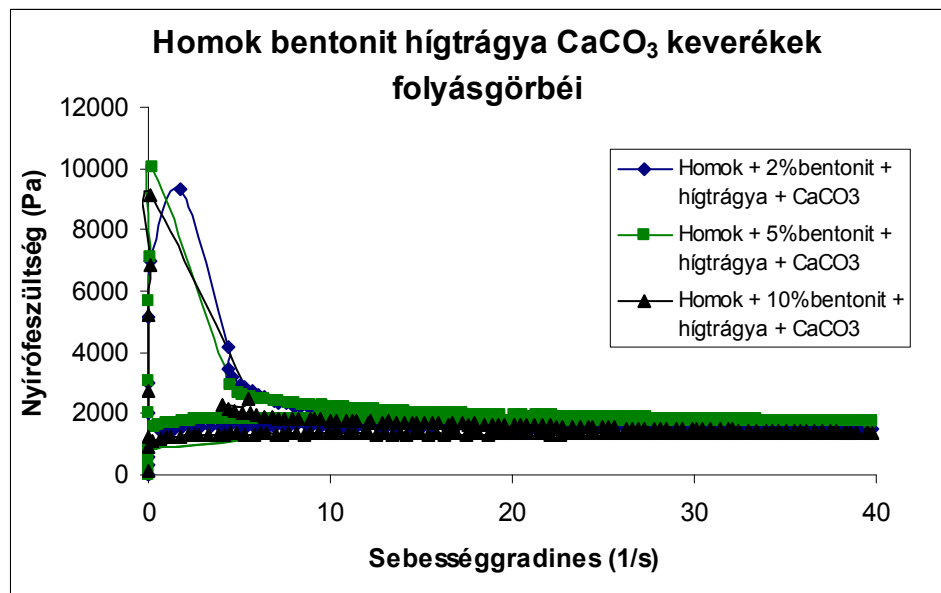
25. ábra: Homok és homok-mésziszap minták folyás görbéi

A 25. ábrán a homok, illetve a homokhoz hozzáadott mészsizap szuszpenziók folyásgörbéi láthatók. A görbék felszálló ágai közül a mészsizapot tartalmazó minta folyásgörbéjének felszálló ága magasan fut, azaz a szuszpenzióban lévő kötőpontok nagy nyírási feszültséget képesek elviselni. A homok minta folyásgörbéje az x tengelyen fut, azaz a homok szuszpenzió már kis nyírási feszültséget sem képes elviselni, a szuszpenzió szerkezete kis nyírási erő hatására is felbomlik. A homok és a homok – mészsizap minta folyásgörbéinek leszálló ágai az x tengelyen, vagy az x tengelyhez közel futnak, jelezve a szuszpenzió szerkezetének visszarendeződése nem tapasztalható a nyírási feszültség megszűnése után.



26. ábra: Különböző homok-bentonit-mésziszap tartalmú minták folyásgörbéi

Mind a mésziszapot, mind a bentonitot tartalmazó minták mérésénél hasonló eredményre jutottam, mint a csak bentonitot tartalmazó minták esetében, vagyis a növekvő bentonit tartalmú minták folyásgörbéinek „felszálló” ágai a kevesebb bentonitot tartalmazó minták folyásgörbéi felett futnak (26. ábra). Azaz a hozzáadott szerves komponensek növekvő mennyiségével egyre nagyobb nyírási feszültségre van szükség a szuszpenzió szerkezetének elnyírásához, vagyis a szuszpenzióban lévő kötések erőssége is növekszik.

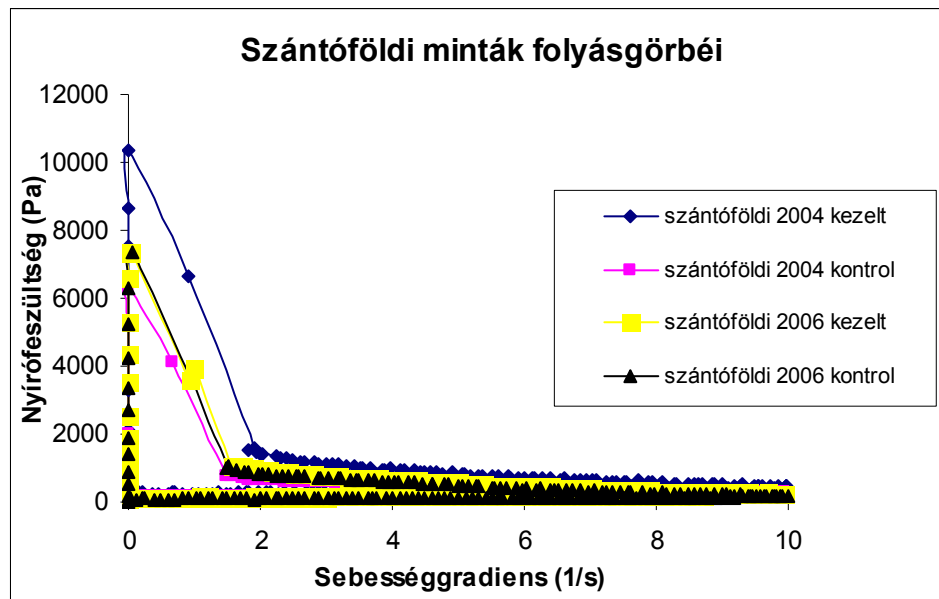


27. ábra: Különböző homok-bentonit-hígtrágya-mésziszap tartalmú minták folyásgörbéi

A szerves és kétféle szerves (bentonit, mésziszap) összetevőket tartalmazó minták folyásgörbéi (27. ábra) hasonló képet mutatnak, mint a hígtrágyát és bentonitot tartalmazó minták folyásgörbéi. Ebben az esetben is jól látható, hogy a 10%-ban bentonitot tartalmazó minta

folyásgörbéjének felszálló ága az 5%-ban bentonitot tartalmazó minta folyásgörbéjének felszálló ága alatt fut. Azaz kisebb nyírási feszültséget képes a 10% és a 2% bentonitot tartalmazó szuszpenzió elviselni, mint az 5% bentonitot tartalmazó minta. A nyírási feszültség megszűntetése után, mind a három esetben a szuszpenzió szerkezetének visszaépülését tapasztaltam csakúgy, mint a hígtrágyát és bentonitot tartalmazó minták esetében.

5. 9. 2. A szántóföldi minták folyásgörbéinek elemzése

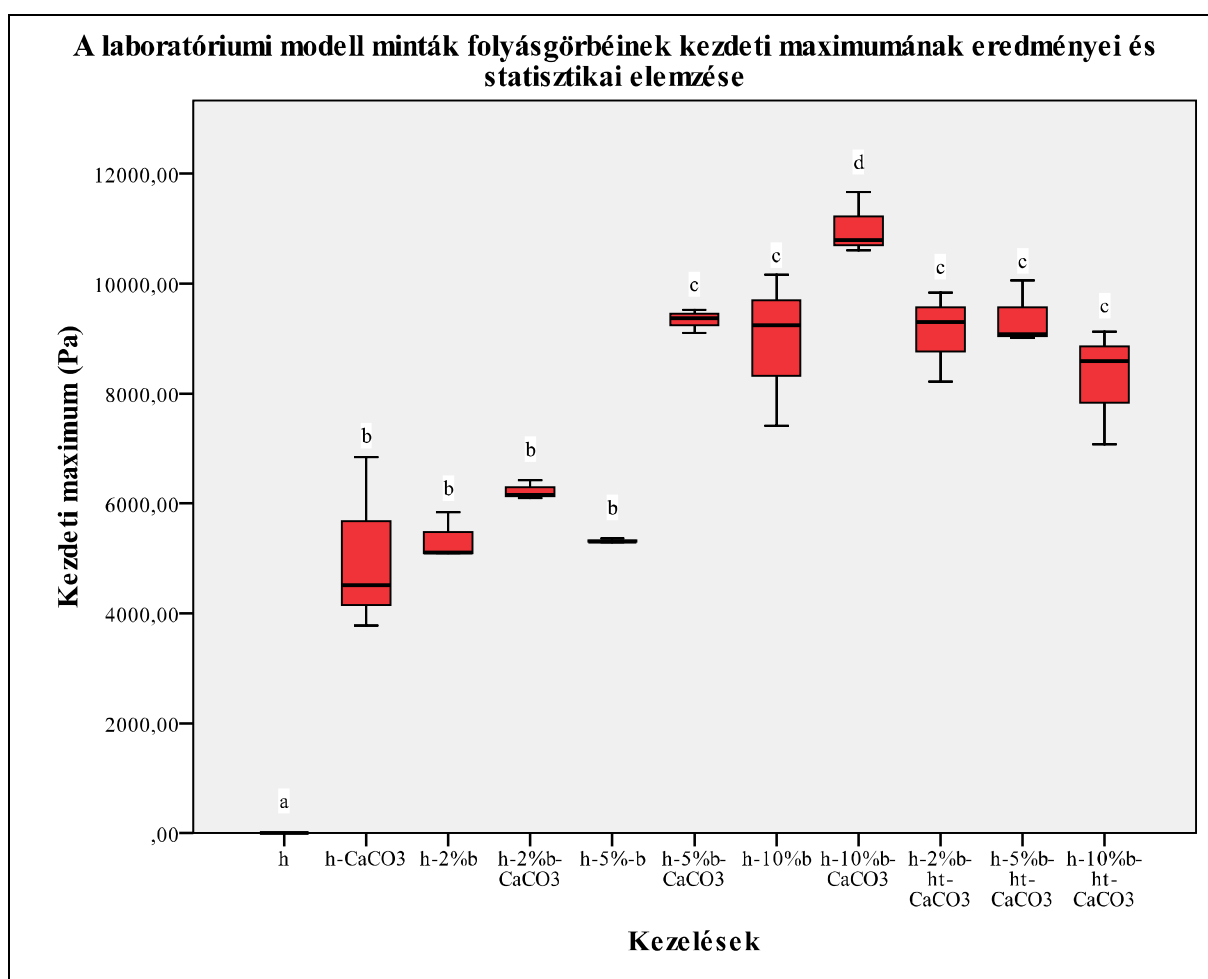


28. ábra: A szántóföldi minták folyásgörbéi

A szántóföldi minták folyásgörbéinek felszálló ágai azt mutatják, hogy a kezelt 2004-ben mintázott talajminta folyásgörbéje a többi folyásgörbe fölött fut, amit a kezelt 2006-os minta követ, végül a kontroll minták következnek. A kezelések hatására a szuszpenzió szerkezete nagyobb nyírási feszültséget képes elviselni, mint a kontroll minták. Ugyanakkor a leszálló ágak vizsgálata során megállapítható, hogy a nyírási erő megszűnése nem okozott a szuszpenzió szerkezetében visszarendeződést egyik minta esetében sem, vagyis nem épült újra a szuszpenzió szerkezet (28. ábra).

5. 9. 3. A laboratóriumi modell minták folyásgörbéiből származtatott maximális folyáshatár értékek (τ_{inimax}) eredményeinek bemutatása és az adatok statisztikai értékelése

A 29. ábrán a laboratóriumi modell minták folyásgörbéinek kezdeti maximum értékei láthatók. Az ábrához tartozó eredmények a melléklet B12. táblázatában találhatók, a vizsgálatokat három ismételtsben végeztem el. A kezdeti maximum a részecske hálózatot összetartó összes kötés felszakításához szükséges nyírási feszültségről ad információt.



29. ábra: A laboratóriumi modell minták folyásgörbéinek kezdeti maximumának bemutatása és statisztikai értékelése, a szignifikáns különbségeket az ABC kisbetűivel jeleztem 95%-os konfidencia intervallumban

Kezdeti várakozásaimnak megfelelően a homok minta elemei közötti erők felszakításához nem volt szükség nyírási feszültségre.

A homokot és mészsizapot is tartalmazó minta szignifikánsan már nagyobb értéket ad, mint a homok minta. A kezdeti maximum érték tovább növekedik a 2% bentonitot tartalmazó minta esetében. A 2% bentonitot és mészsizapot tartalmazó minta kezdeti maximum értéke nagyobb volt, mint az 5% bentonitot tartalmazó minta kezdeti maximum értéke. Méréseim azt mutatták, hogy a

mésziszapot, a 2% bentonitot, a 2% bentonitot és mésziszapot és az 5% bentonitot tartalmazó minták statisztikailag egy csoportba tartoznak, vagyis a mintákban lévő kötőerők nagysága azonos. Az eredményekből azt a következtetést vontam le, hogy a CaCO_3 hasonló hatást fejt ki az általam vizsgált talaj szuszpenziókban lévő kötések nyírással szembeni ellenállóságára, mint a kisadagú bentonit kezelések.

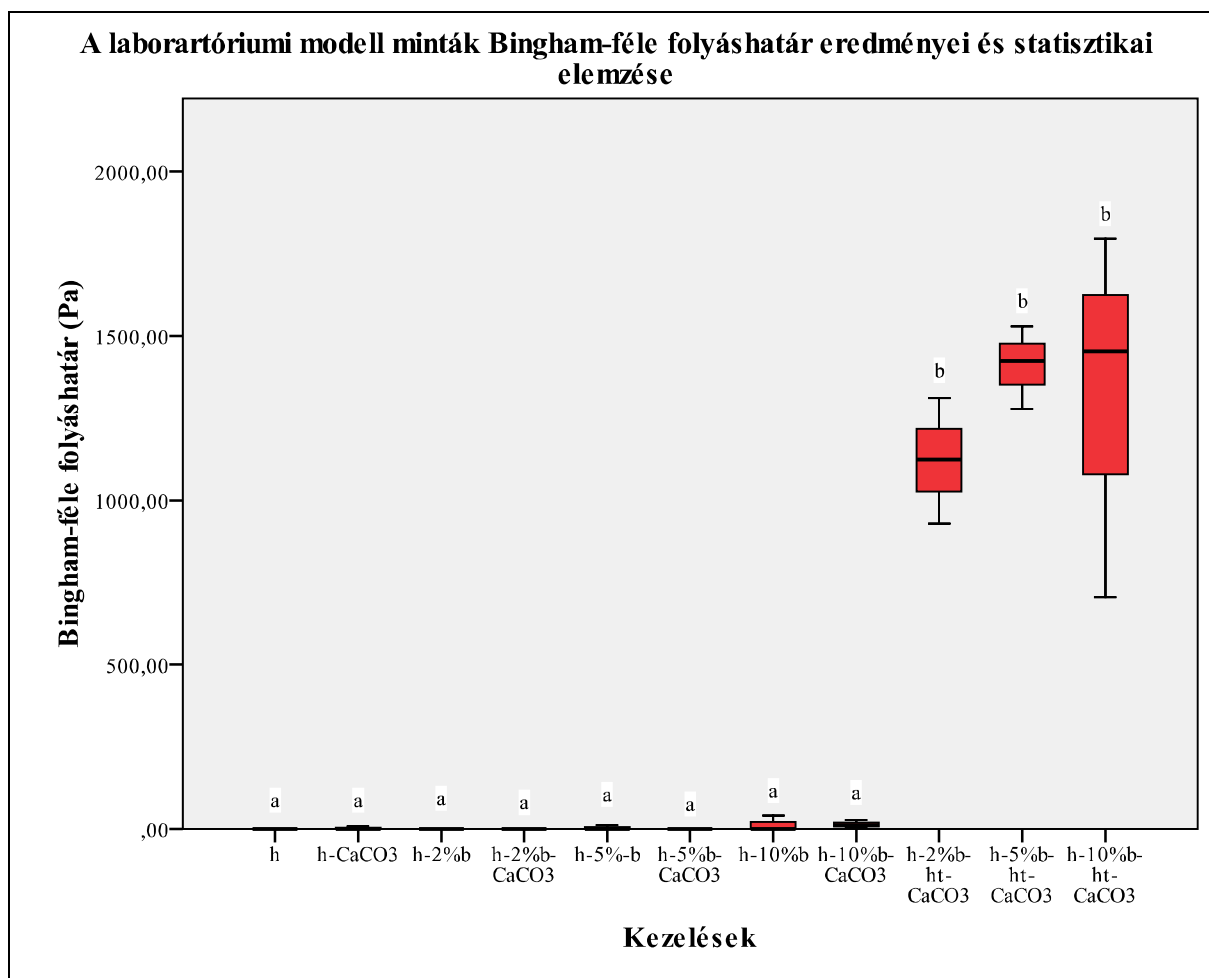
A legmagasabb értéket - ami szignifikánsan eltér a többi minta kezdeti maximumának értékétől - a 10%-ban bentonitot és mésziszapot tartalmazó mintánál mértem. A reológiai tulajdonságokat figyelembe véve ez a minta tűri el a legnagyobb nyírási feszültséget, azaz e minta esetében legnagyobb a részecskék közötti kötőerő, valószínűleg a nagymennyiségű bentonit – Ca kation hidaknak köszönhetően.

Az 5% bentonitot és mésziszapot tartalmazó minta nagyobb nyírási feszültséget képes elviselni, mint a csak 10% bentonitot is tartalmazó minta. Ebben az esetben is valószínűleg a bentonit – Ca kation hidak következtében képes ez a minta nagyobb nyírási erőt elviselni, mint a csak bentonitot tartalmazó minta.

A bentonitot és hígtrágyát, valamint mésziszapot is tartalmazó minták esetében a legnagyobb nyírási feszültséget az 5% bentonit tartalmú minta viseli el, majd a 2% bentonit tartalmú, és a 10% bentonit tartalmú következik. Meglepő, hogy a 2% bentonitot és mésziszapot is tartalmazó minta nagyobb nyírási feszültséget képes elviselni, mint a 10% bentonitot és mésziszapot tartalmazó minta. Ebben az esetben is az lehet a magyarázat, hogy bentonit – szervesanyag – Ca halmazok jönnek létre, ahelyett hogy a homok szemcsékkel alakítanának ki kapcsolatot. Annak, hogy nem a szerves és szervesetlen komponenseket is tartalmazó minták esetében mértem a legnagyobb kezdeti maximum értékeket, az lehet az oka, hogy a bennük lévő szerves komponens bonyolult szerkezete révén igen érzékeny a külső hatásokra, így a nyírási feszültségre is.

A homokhoz hozzáadott növekvő bentonit tartalom hatására nő a minták folyásgörbéinek kezdeti maximuma, a két paraméter között erős lineáris kapcsolat van, a Pearson - féle együttható 0,923. Mésziszapot és növekvő mennyiségű bentonitot tartalmazó minták és a kezdeti maximum eredmények között a kapcsolat tovább erősödik, ebben az esetben a Pearson - féle együttható 0,936. Ugyanakkor a szervesanyag érzékenységéből kifolyólag a Pearson - féle korrelációs együttható 0,847, ha a minták két szervesetlen komponenst is tartalmaznak a hígtrágya mellett.

5. 9. 4. A laboratóriumi modell minták folyásgörbéiből származtatott Bingham - féle folyáshatár értékek (τ_B) eredményeinek bemutatása és statisztikai értékelése



30. ábra: A laboratóriumi modell minták folyásgörbéiből származtatott Bingham-féle folyáshatár értékek, a szignifikáns különbségeket az ABC kisbetűivel jeleztem 95%-os konfidencia intervallumban

A Bingham-féle folyáshatár a folyásgörbék lineáris szakaszának (a plasztikus folyás tartománya) extrapolációja (Szántó, 1987), amely az adott rendszer „magára hagyása” után az esetlegesen bekövetkező szuszpenzió szerkezet visszaépülést mutatja.

Szerkezet visszaépülést csupán a szervesanyagot tartalmazó minták esetében észleltem, a csak ásványi anyagot tartalmazó minták esetében nem (30. ábra). Az ábrához tartozó eredmények a melléklet B12. táblázatában találhatók.

Ennek oka, hogy a külső erőhatás megszűnése után a szervesanyag nagy töltésének köszönhetően viszonylag gyorsan képes kialakítani szervesanyag – bentonit - Ca híd kapcsolatokat, illetve a szervesanyag jelenléte miatt ebben az esetben számolni lehet mikrobiális tevékenységgel is. A le nem bomlott elhalt szerves maradványok mikrobiális bontása során képződő fulvosavak és a rendszerben lévő Ca^{2+} ionok összekapcsolódnak az agyagásványok negatív töltéseivel.

Véleményem szerint - bár ezt statisztikailag nem tudtam igazolni - a folyásgörbék lefutásából arra következtetek – hogy nagy mennyiségű, nagy töltésű agyagásványt tartalmazó talajokra is igaz lehet.

Ez lehet az oka, hogy szoros lineáris korrelációt a kezelések és a Bingham – féle folyáshatár eredmények között csak a szervesanyagot tartalmazó mintáknál figyeltem meg, ebben az esetben a Pearson - féle korrelációs együtt ható 0,928.

5. 9. 5. A szántóföldi minták folyásgörbéiből származtatott maximális folyáshatár értékek (τ_{inimax}) és Bingham - féle folyáshatár értékek (τ_B) eredményeinek bemutatása és statisztikai értékelése

A szántóföldi minták folyásgörbéinek kezdeti maximum eredményei (10. táblázat) azt mutatják, hogy a komposzt kezelést kapott 2004-es minta képviseli a legnagyobb értéket, amit a szuszpenziót felépítő részecskék még elviselnek. Ez szignifikánsan nagyobb, mint a többi mintánál kapott érték. Ez azt jelenti, hogy ebben az esetben képes a szuszpenzió a legnagyobb nyírási feszültséget elviselni. A komposzt kezelés hatására a komposztban lévő szerves és szervesetlen adalékanyagok hatására megnövekedett a kötéspontok száma a kezelt területről származó szuszpenzióban. A kezelt 2006-os mintán már szignifikánsan azonos eredményeket mértem, mint a kezeletlen parcellákról származó mintákon. A kezelés hatására a szuszpenzió szerkezetképződést tapasztaltam, ami a második mintázási időpontban már nem tapasztalható. Utóbbit feltételezhetően az évenkénti többszöri bolygatás, vagy pedig a keletkezett ásványi – szerves komplexumoknak a bolygatás vagy az időjárás hatására a mélyebb szintek felé történő elmozdulása okozza.

10. táblázat: A szántóföldi minták folyásgörbéinek kezdeti maximumának és a Bingham – féle folyáshatár értékeinek átlaga.

A szignifikáns különbségeket az ABC kisbetűvel jeleztem 95%-os konfidencia intervallumban

Minta neve	Folyásgörbék kezdeti maximumának átlaga (Pa)	A folyásgörbék Bingham – féle folyáshatár értékeinek átlaga (Pa)
2004 kontroll	7056,5 (a)	163,05 (ab)
2004 kezelt	11005 (b)	241,45 (b)
2006 kontroll	7342,5 (a)	81,43 (a)
2006 kezelt	7521,5 (a)	153,9 (ab)

A Bingham – féle folyáshatár értékeket (10. táblázat) vizsgálva szintén arra a megállapításra jutottam, hogy a legmagasabb értékkel a komposztal kezelt 2004-es minta rendelkezik. Ez azt jelenti, hogy a komposzt kezelés hatására a talajba jutott szerves és szervesetlen adalékanyagok következtében a talaj szuszpenzió szerkezete visszaépülést mutatott a bolygatás után, a megnövekedett kötéspontok miatt. E minta szignifikánsan csak a 2006-os kezeletlen mintától tér el.

A kezeletlen 2004-es mintának és a kezelést kapott 2006-os mintának szignifikánsan azonos eredményei voltak.

A Bingham – féle folyáshatár értéket figyelembe véve megállapítom, hogy a kezelés hatására a szuszpenzió szerkezetképződése következett be, de ez a második mintázási időpontban már nem volt tapasztalható. Ennek az lehet az oka, hogy a szerves – ásványi komplexumok vagy megszűntek, vagy a mélyebb rétegek felé mozdultak el (a mérések eredményei Melléklet B13. táblázatában találhatók).

A reológiai mérések során a következő kritikai észrevételeimet fogalmaztam meg.

Mivel a méréseket nyitott rendszerekben végeztem, ezért a minták mérés közben párologtak. A minták kis víztartalma miatti párolgás valószínűsíthetően befolyásolja a reológiai paramétereket spontán lejátszódó aggregálódást eredményezve a vízvesztés miatt.

A méréseket két különböző módszerrel végeztem. A laboratóriumi modell minták egy részét (homok és montmorillonit, homok és hígrágya bentonit minták) a szabadföldi vízkapacitásig telített talajmintákon vizsgáltam. Ebben az esetben a mérések reprodukálhatósága az eltérő nedvesség tartalmak miatt igen rossz volt, illetve a kapott folyásgörbék csak nehezen voltak összehasonlíthatók. A többi mérést, részben az INDEX projektben kidolgozott és használt mérési módszerrel a szuszpenzió egyensúlyi nedvességtartalmáig telített talajmintákon végeztem.

A mintákban lévő darabos anyagok (főleg a szalmaszálak) miatt a méréseket nehezen lehetett reprodukálni. Ezért az első fázisban, szabadföldi vízkapacitásig telített talajminták esetében a mérési metodika tökéletesítésének idején a pótolhatatlan minták nagyobb felhasználása miatt, a tervezett bemutatandó három ismételt mérés helyett a rendszerre legjellemzőbb folyásgörbéket mutattam be. E mintákat statisztikailag nem tudtam összehasonlítani, csupán a folyásgörbék alakjából származó információkat ismertettem és elemeztem. A mérések eredményei az esetek többségében kiindulási elvárásaim szerint alakultak.

5. 10. A mikroszkópos felvételek eredményei

Az elektromikroszkópos felvételek 210-es digitális nagyításban készültek.



31. ábra: A laboratóriumi modell minták esetében használt kiindulási homok minta elektromikroszkópos felvétele



32. ábra: A laboratóriumi modell minták esetében használt bentonit minta elektromikroszkópos felvétele



33. ábra: A homok - bentonit – hígtrágya tartalmú minta elektromikroszkópos felvétele

Az 31. ábrán a laboratóriumi modell minták esetében használt homok minták elektromikroszkópos képe látható. Az ábrán látszik, hogy a homokszemcsék többsége nem alkot

szerkezeti elemeket, hanem önállóan helyezkedik el, köztük fizikai, kémiai kapcsolat nincsen, a homokszemek mérete 0,2mm alatt és felett van.

A 32. ábrán a bentonit minta elektromikroszkópos felvétele található. Összehasonlítva a homokmintáról készült felvétellel jól látható a különbség. A különböző méretű bentonit szemek egymáshoz tapadnak, apró pelyhes flokkulátumokat képeznek.

A 33. ábrán a szerves és szervetlen adalékanyagot is tartalmazó homokminta elektromikroszkópos fényképe van. Összehasonlítva a homokminta elektromikroszkópos felvételével ebben az esetben önálló, csupasz homokszemek nem láthatók, hanem nagyobb sötét színű flokkulátumok azonosíthatók az ábrán. A homokmintához adott szerves és szervetlen összetevők mind egymással, mind pedig a homokszemekkel kapcsolódva bevonták a csupasz homokszemek felszínét, így közeget biztosítva az egymáshoz való kapcsolódás lehetőségének.

5. 11. A szántóföldi minták pF és térfogattömeg méréseinek eredménye és az adatok statisztikai értékelése

Számos szerző feltételezi (Kazó, 1981, 1984; Köhler, 1984), hogy a kijutatott ásványi, vagy ásványi – szerves adalékanyagok az időjárás és a talajművelés következtében idővel a talaj mélyebb szintjei felé mozdulnak el. Feltételezésük igazolására 2009 tavaszán ásott szelvényekből három ismételtsben, három mintavételi mélységből, bolygatatlan mintákat gyűjtöttem mind a kontroll, mind a kezelt területéről és meghatározásra kerültek a pF 0-hoz, a pF 2,5-hez tartozó nedvesség tartalmak valamint a minták térfogattömeg értékei (11. táblázat, a táblázathoz tartozó mérési eredmények a melléklet B 14. táblázatában található).

11. táblázat: A szántóföldről származó minták pF és térfogattömeg értékeinek átlaga, A szignifikáns különbségeket az ABC kisbetűivel jeleztem 95%-os konfidencia intervallumban

Minta neve	pF 0 (tf%)	pF 2,5 (tf%)	Tt (g/cm ³)
Kezelt 0-20	46,0 (c)	9,7	1,42 (a)
Kezelt 20-40	43,9 (b)	8,7	1,53 (b)
Kezelt 40-60	42,4 (ab)	8,6	1,60 (bc)
Kontroll 0-20	47,8 (d)	9,1	1,46 (ab)
Kontroll 20-40	40,9 (a)	8,4	1,60 (bc)
Kontroll 40-60	41,9 (a)	9,1	1,54 (b)

A pF 0 értékhez tartozó legtöbb nedvességtartalom a kontroll minta 0 – 20 cm –es rétegében van, ez szignifikánsan nagyobb érték, mint amit a kezelt parcella azonos mélységében mértem. A mélyebb szintek pF 0 ponthoz tartozó nedvességtartalmai szignifikánsan kisebb értékeket képviselnek.

A pF 2,5 értékhez tartozó nedvességtartalmak között szignifikáns különbséget nem mutattam ki, de a legmagasabb nedvességtartalommal a kezelt minta 0 – 20 cm-es rétegéből származó talajminta rendelkezik.

A legalacsonyabb térfogattömeg értékeket mindkét kezelésben a felső 0 – 20 cm-es mélységből vett mintákon mértem, a talajművelés lazító hatása miatt.

Hat évvel a kijuttatás után az eredményekben nem mutatható ki tendencia, ezek alapján nem bizonyítható sem a kijutatott javítóanyag hatása, sem az alkalmazott komposzt mélyebb szintek felé történő elmozdulása. Ennek egyik oka lehet, hogy homokos szövetű talajból nehéz bolygatatlan mintát venni, illetve a három ismétlésben történő mintavételezés nem reprezentatív. A másik ok hogy a kijutatott javítóanyag már nem található meg a vizsgált talajmélységekben.

5. 12. A használt paraméterek statisztikai összehasonlítása

A következő fejezetben összehasonlítom a különböző mérések eredményei közötti kapcsolatok szorosságát.

5. 12. 1. A használt egyszerűsített módszerek eredményeinek statisztikai összehasonlítása

A 12. táblázatban az egyszerűsített módszerek eredményeinek statisztikai összehasonlítása látható, a táblázatban a Pearson – féle lineáris korrelációs értékeket tüntettem fel.

A nedvesség visszatartás módszer eredményei gyenge közepes korrelációt mutatnak mind a vizes, mind a Na-pirofoszfátos közegben történt leiszapolható rész eredményekkel. Véleményem szerint ez az oka annak, hogy a különböző kezelések hatására nem szabadult ki annyi leiszapolható rész, mint azt a kezdeti feltételezésemben elvártam.

A kétféle közegben történő diszpergálás leiszapolható rész eredményei egymással szoros korrelációt adnak. Ugyanakkor a vizes közegben mért leiszapolható rész tartalom eredmények a számolt módosított Kacsinszkij – féle diszperzitás faktorról és Vageler – féle struktúra faktorról közepes korrelációt mutatnak.

Szintén erős, de negatív korrelációval lehet jellemezni a Kacsinszkij és a Vageler – féle faktorok eredményei közötti kapcsolatot.

**12. táblázat: A használt egyszerűsített módszerek eredményeinek korrelációs vizsgálata,
: korreláció szignifikáns 0,01 szinten

	Nedvesség visszatartás	Li % víz	Li % Na pirofoszfát	Kacsinszkij féle diszperzitás faktor	Vageler féle struktúra faktor
Nedvesség visszatartás	1	0,435**	0,414**	-0,334*	0,308*
Li % víz	0,435**	1	0,884**	-0,466**	0,477**
Li % Na pirofoszfát	0,414**	0,884**	1	-0,765**	0,814**
Kacsinszkij féle diszperzitás faktor	-0,334*	-0,466**	-0,765**	1	-0,965**
Vageler féle struktúra faktor	0,308*	0,477**	0,814**	-0,965**	1

5. 12. 2. A használt egyszerűsített módszerek eredményeinek statisztikai összehasonlítása a hagyományos mérési módszerek eredményeivel.

A 13. táblázatban az egyszerűsített módszerek és a hagyományos mérési módszerek eredményeinek összehasonlítása látható. A táblázatban a Pearson – féle korrelációs értékeket tüntettem fel.

**13. táblázat: A használt egyszerűsített vizsgálati módszerek korrelációs vizsgálata az alkalmazott hagyományos mérési módszerek eredményeivel,
: korreláció szignifikáns 0,01 szinten

	Nedvesség visszatartás	Li % víz	Li % Na pirofoszfát	Kacsinszkij féle diszperzitás faktor	Vageler féle struktúra faktor
hy ₁	0,540**	0,469**	0,601**	-0,692**	0,696**
T érték	0,461**	0,946**	0,946**	-0,684**	0,664**

A nedvesség visszatartási és a hy₁ mérés eredményei között erős közepes kapcsolat van, míg a kationcsere kapacitás mérés eredményeivel gyenge közepes kapcsolat tapasztalható. Véleményem szerint a nedvesség visszatartás eredményeinek erősebb korrelációt kellett volna adni a hy₁ mérés eredményeivel, de a pusztán bentonitot tartalmazó minták esetében, vélhetően a nem megfelelő módon végrehajtott mérések (nem elég hosszú ideig álltak exikátorban a minták, vagy a nem megfelelő keverék komponensek) miatt ezt az eredményt kaptam.

A hy₁ és kationcsere kapacitás eredmények között a kapcsolat szorossága közepes ($r = 0,516^{**}$).

A higroszkóposság mérés eredményei és mind a vizes, mind a Na-pirofoszfátos közegben történő diszpergálás után kapott leiszapolható rész tartalom eredményei között gyenge közepes

korrelációt tapasztaltam. A kationcsere kapacitás mérés eredményei ugyanakkor szoros korrelációt mutattak a két féle módszerrel meghatározott leiszapolható rész tartalommal.

A számolt faktorok eredményei közepesen erős korrelációt adnak mind a higroszkóposság, mind a kationcsere kapacitás mérések eredményeivel. Értelem szerűen ebben az esetben is negatív előjelű korreláció tapasztalható a diszperzitás faktor számolások eredményeinél az ellenkező irányú folyamat miatt.

5. 12. 3 A reológiai mérések és az alkalmazott mérési módszerek eredményeinek korrelációs vizsgálata.

A 14. táblázatban a reológiai mérések és az alkalmazott vizsgálatok eredményeinek korrelációs összehasonlítása található, a táblázatban a Pearson – féle korrelációs értékeket tüntettem fel.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a folyásgörbék kezdeti maximumának (τ_{inimax}) és a hy_1 , továbbá a kationcserélő képesség eredmények között szoros lineáris kapcsolatot lehet megfigyelni, azaz szerves és szervetlen adalékanyagok alkalmazása során, ha növeljük a talaj kolloidtartalmát, töltését úgy növekszik az a maximális nyírási feszültség érték is, amit a talaj képes elviselni.

A Bingham – féle folyáshatár értékek szoros korrelációt mutatnak a nedvesség visszatartás mérés eredményeivel. Ez azt jelenti, ha növekszik a talaj vízmegkötő képessége, akkor az adott talaj-szuszpenzió szerkezet visszarendeződési képessége is növekszik az azt ért feszültség megszűntetése után. A Bingham féle folyáshatár erős közepes kapcsolatot mutat a vizes közegben történő leiszapolható rész tartalommal, és gyenge közepes kapcsolat tapasztalható a Na – pirofoszfátos közegben mért leiszapolható rész tartalommal.

14. táblázat: A reológiai mérések eredményeinek korrelációs vizsgálata az alkalmazott mérési módszerek eredményeivel,

n. m.: korreláció nem kimutatható,

***: korreláció szignifikáns 0,05 szinten, **: korreláció szignifikáns 0,01 szinten**

	Nedvesség visszatartás	Li % víz	Li % Na pirofoszfát	Vageler féle struktúra faktor	Kacsinszkij féle diszperzitás faktor	hy_1	T érték
τ_{inimax}	0,444*	0,391*	n. m.	n. m.	n. m.	0,788**	0,820**
Bingham féle folyáshatár	0,985**	0,666**	0,497**	n. m.	n. m.	n. m.	n. m.

6. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

6. 1. Új tudományos eredmények

Magyarországon a homokos szövetű talajok javítását célul kitűző eddigi kutatások nagyrészt a talajok termékenységében, illetve kémiai tulajdonságaiban bekövetkező változásokkal foglalkoztak. A talajok fizikai tulajdonságainak változásáról jóval kevesebb cikk illetve tanulmány számolt be. A homoktalajok javítása során a kijutatott anyagok összetételétől és mennyiségétől függően a kémiai paraméterek változásán túl a talaj fizikai állapotában is javulás következhet be. Kutatásom bizonyította a különböző adalékanyagok hatására bekövetkező talajfizikai és talajkémiai változásokat nyírségi homoktalajon laboratóriumi modell mintákon, illetve szabadföldi kísérletben. Vizsgálataim megállapították, hogy a reológia alkalmas módszer a talajok fizikai, kémiai vizsgálatára.

Vizsgálataim alapján új tudományos eredményeim a következők:

1. Mind az agyagásványok, agyagásvány tartalmú kőzetek, mind a CaCO_3 tartalmú anyagok jelentős hatást fejtenek ki a talajok tulajdonságaira, kolloid, illetve ragasztóanyag tulajdonságaikból fakadóan megnövelik a talajrészecskék közötti kapcsolatok erősségét.
2. Megállapítom, hogy a laboratóriumi modell minták esetében mind a fizikai, mind a kémiai paramétereket figyelembe véve nagyobb értékeket abban az esetben mértem, amikor az ásványi komponenst előzetesen szerves komponenssel kezeltem, majd ezt adtam a homokmintákhoz.
3. A kezelések mészsizappal történő kiegészítése során mind a nedvesség visszatartás, mind a reológiai mérések eredményei kedvezőbb eredményeket adtak, mint azt a mészsizapot nem tartalmazó minták esetében megfigyeltem.
4. A reológia alkalmas módszernek bizonyult a hozzáadott különböző ásványi és ásványi - szerves anyagok hatására a talajban bekövetkező változások nyomon követésére. Számszerű eredményt ad a talaj részecskéit összetartó erők nagyságáról (folyásgörbék kezdeti maximuma, Bingham – féle folyáshatár).
5. A reológiai mérések eredményei összevethetők és bizonyos fokú egyezést mutatnak a különböző talajfizikai, talajkémiai mérések eredményeivel.

6. Igazoltam, hogy a talajokban elsődlegesen az „újonnan hozzáadott” szervesanyag tartalom vesz részt a bolygatás utáni szuszpenzió szerkezet visszarendeződésében, az ásványi komponensekkel szemben.
7. Vizsgálataim bebizonyították, hogy az INDEX projektben alkalmazott „egyszerűsített” módszerek eredményei bizonyos fokú egyezést mutatnak mind egymással, mind a hagyományos mérési módszerek eredményeivel, alkalmasak a talajokban bekövetkező változások nyomon követésére.
8. A hígtrágyához hozzáadott bentonit jelentősen csökkentette a hígtrágya szaghatását.
9. A szabadföldi kísérletek bebizonyították, hogy nagy szervesanyag tartalmú hulladék komposztálása során keletkezett anyagok, tapasztalatom alapján 2 évig alkalmasak talajaink fizikai, kémiai tulajdonságainak javítására, a kísérletben kiadott mennyiségben az adott talajon.

6. 2. Javaslatok a további kutatásokhoz

Munkám során, sajnos sok egyéb talajfizikai paraméter vizsgálatára nem volt lehetőségem. Nem volt módom vizsgálni, hogy az általam összeállított anyagok (komplexumok) milyen hatást fejtenek ki a növény – környezet rendszerre szántóföldön, vagy tenyészedényes kísérletekben.

Az állatállomány csökkenése miatt az évi 8-9 millió tonna szerves trágya felhasználás a KSH adatai szerint 10 év alatt a felére, 3,9 millió tonnára csökkent. A záródó közműhálónak köszönhetően a keletkező szennyvíz mennyisége évről évre növekszik, aminek a megsemmisítése vagy egyéb elhelyezése, tárolása, amennyiben lehetséges, jelentős költségekkel jár. Talajaink tápanyag utánpótlását a csökkenő szerves és hígtrágya tendenciák ellenére is a szükséges szinten kell tartani, figyelembe véve az egyre fokozódó energianövények termesztését, amelyek jelentős szervesanyag mennyiséget vonnak/vonhatnak el talajainkból. Célszerű tehát megkeresni azokat az anyagokat, amelyek csak a képződési helyen jelentkeznek hulladékként, de összetételük lehetővé teszi, hogy a képződés után azonnal, vagy valamilyen előkezelés, pl. komposztálás után szántóföldi / kertészeti / erdészeti hasznosításra kerüljenek. Meg kell továbbá vizsgálni, hogy a felhasználás helyén ténylegesen milyen hatást fejtenek ki környezetünkre, talajaink kémiai, fizikai, biológiai állapotára, talajvizeinkre, termesztett növényeinkre.

A reológiai mérések talajfizikai felhasználása az általam vizsgált paramétereken túl számos lehetőséget tartalmaz. Az általam vizsgált mintákon túl érdemes lenne más talajtani felhasználása, a talajok fizikai, kémiai, biológiai degradációjának kimutatására is kibővített minta sorokon, valamint további szántóföldi kísérletekből származó mintákon. Mint módszert érdemes további szántóföldi mintákon összevetni, együtt alkalmazni más talajfizikai, talajkémiai módszerekkel.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

Kutatásom célja az volt, hogy összehasonlítsam különböző mennyiségű szerves (hígtrágya), illetve szervetlen adalékanyagok (bentonit, montmorillonit, mésziszap) hatását nyírségi homoktalajok fizikai, kémiai tulajdonságaira, továbbá, hogy megállapítsam, mely anyag vagy anyagok együttes alkalmazásával érhető el a legkedvezőbb hatás. A kérdések megválaszolásához különbözőképpen kezelt laboratóriumi modell és szabadföldi kísérletből származó talajmintákat vizsgáltam.

A talajkémia vizsgálatok a következő tulajdonságok jellemzésre irányultak: hidrolitos aciditás (y_1), összes CaCO_3 tartalom meghatározás (Scheibler és tömegvesztés módszer), elektrometriás pH mérés, kationcsere kapacitás (módosított Mehlich eljárás), szervesanyag tartalom (Walkley – Black módszer).

A fizikai tulajdonságokra a következő módszereket alkalmaztam: Sík-féle (h_{y1}) higroszkóposság, a szántóföldi minták pF értékei, egyszerűsített nedvesség visszatartó képesség, leiszapolható rész tartalom vizes és Na-pirofoszfátos közegben, mikroaggregátum stabilitás (módosított Kacsinszki – féle diszperzitás faktor és módosított Vageler – féle struktúra faktor). A fenti mérési módszereket kiegészítettem mikroszkópos vizsgálatokkal, és részletes elemzést végeztem a talajtanban kevésbé elterjedt reológia módszerével, amely az anyagok folyással, áramlással együtt járó időbeni deformációjával foglalkozó tudomány.

A mérések többségében azt az eredményt kaptam, hogy az alkalmazott javító anyagok kedvező hatást fejtettek ki a tanulmányozott homoktalajok fizikai és kémiai tulajdonságaira.

A bentonit kezelések esetében a 2%-nál nagyobb adagok bizonyultak eredményesnek. A mért tulajdonságok alapján mind a szerves mind a szervetlen adalékanyagok mennyiségének növelésével arányosan növekedtek a mért értékek. A laboratóriumi modell minták eredményei azt bizonyították, hogy kedvezőbb hatás érhető el a javító anyagok előzetes komposztálásával és együttes alkalmazásával. A bentonit és szervesanyag együttes hatását jelentősen tovább javította a mésziszap alkalmazása.

A szántóföldi minták vizsgálata során is azt tapasztaltam, hogy az előzetesen komposztált szerves és szervetlen javítóanyagokkal való kezelés statisztikailag igazolható javulást eredményez a terméseredményen túl a talajok fizikai, kémiai állapotában. Jelen esetben a komposzt hatása a második mintázási időpontból származó mintáknál már nem volt megfigyelhető.

Munkám során megállapítottam, hogy a reológia alkalmas, ígéretes módszer a talajokban történő fizikai változások nyomon követésére. Eredményei összhangban vannak más módszerek eredményeivel, és többlet információt adnak a talajok bolygatás utáni szuszpenzió szerkezet

kialakításáról. A reológia mérésekből származó eredmények közül a leghasznosabb információt a minták folyásgörbéi, a kezdeti maximum és a Bingham-féle folyáshatár értékek szolgáltatják.

8. SUMMARY

The main purpose of the study was to investigate and compare the single and precomposted combined effects of different amount of organic (liquid manure) and inorganic (bentonite, montmorillonite, CaCO_3) treatments on soil physical, chemical properties of sandy soils from Nyírség geographical area.

Laboratory and field experiments were carried out for the study. The laboratory samples included sandy soil treated with increased amount of montmorillonite and bentonite; liquid manure; beet potash and the precomposted combinations of those.

The chemical investigations included: hydrolytic acidity (y_1), CaCO_3 (Scheibler and loss weight method), electrometric pH, cation exchange capacity (modified Mehlich procedure), soil organic carbon determination (Walkley – Black method).

The applied soil physical methods were the following: hygroscopy by Sík (hy_1), pF points of the filed samples, simplified water holding retention, determination of 0,02 mm particles in water and Na-pyrophosphate, microaggregate stability (Dispersity factor according to Kacsinszkij and structure factor by Vageler). I also carried out microscopic investigations and I applied detailed rheological measurements too, which are a not common in soil science. Rheology is the science of deformation and flow of materials due to time.

The majority of the measurements proved that the effects of the treatments had good influences on different physical and chemical properties. More than 2% of bentonite should be applied to get better results in case of bentonite treatments.

Parallel increases were observed between the used amounts of organic and inorganic amendments and the favorable measured results.

The results of the laboratory model samples proved, that better properties can be achieved if composting the organic and inorganic materials before application.

Adding beet potash to bentonite and organic matter resulted in further improvements.

The research of field samples also made it clear that compost treatment improves not only the production but also the physical and chemical condition of soils. However, in the case of the samples taken from the second sampling, such an effect was not detectable.

Rheology proved to be a useful tool in observing physical alterations in soils. The results of the rheological measurements give the same results as the other applied methods, but providing more information about the restructuring of soils after they have been disturbed.

The most useful results of the rheological measurements are the flow curves, the maximum yield values and Bingham yield values.

9. MELLÉKLETEK

A MELLÉKLET

Irodalom jegyzék:

- Allison L. E. (1957): Effect of soil-conditioning polymers on the cation-exchange capacity. Soil Science Vol. 83. p.: 391-397
- Antal J. (1957): Újabb homokjavító kísérletek a Duna – Tisza közén. Élet és Tudomány 12. 29. p.: 923-926
- Antal J. (1965 – 1969): A homokjavítás néhány kérdése. MTESZ együttműködés, Szeged, p.: 21-23
- Antal J. és Bacsó A (1978): Talajjavítás. Egyetemi jegyzet, Gödöllő. p.: 137-166.
- Antal J. (1998): Talajművelés és zöldtrágyázás. In Homoktalajok hasznosításának időszerű kérdései a hazai homokkutatások tükrében. Konferencia kiadvány. Kecskemét. p.: 15.-18.
- Antal J., Egerszegi S., Penyigey S. (1966): Növénytermesztés homokon. Mezőgazdasági kiadó, Budapest.
- Arshad M. A., Lowery B., Grossman B. (1996): Physical tests for monitoring soil quality. p.:138. in Methods for Assessing Soil Quality. SSSA Special Publication No. 49
- A. Tóth J. (1969): Nyírségi homoktalajok javítása és trágyázása. p.: 9-10.
- Babarczy J, és Sárosi E. (1952): Szőlőtalajok kötöttségének vizsgálata farionográffal. Agrokémia és Talajtan Tom. I. No. 4. 511-522.
- Ballenegger R. és di Gléria J. (1962): Talaj – és trágyavizsgálati módszerek. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Balogh I. (1981): Az optimális arányú Ca, Mg visszapotlás hatása a nyírségi homoktalajok termékenységére. Agrokémia és Talajtan. 30. p.:225-228.
- Baranyi F., Brandt B., Debreczeni B., Fekete A., Hegedűs L., Horváth J., Karakas L., Kovács I., S. Leölkes L., Marjai Gy., Marnitzné Gulyás J., Mátra K., Petrics P., Soltész J., Szabó Z., Thyll Sz., Varga J. (1987): Melioráció – öntözés és tápanyaggazdálkodás, Útmutató a nagyméretarányú talajtérképezés végrehajtásához. Budapest. Agroinform. p.: 60, 62-63, 65, 70-71, 72, 75.
- Barczy A., Lóczy D., Penksza K. (2001): Magyarország tájai, Dunántúli – dombság, Belső – Somogy. Gödöllő.
- Barnes, H.A., Hutton, J.F., Walters, K. (1989): An Introduction to Rheology, Elsevier, Amsterdam, 114-138. p
- Bauer F. és Cserni I. (1984/a): Foszfortrágya elhelyezése szőszös-bükkönyös rozsos vetésforgóban Duna-Tiszaközi lepelhomok talajon. Növénytermelés 33:1:49-65.

- Bauer F. és Cserni I. (1984/b): Foszfor-műtrágya elhelyezése somkórós vetésforgóban Duna-Tisza közti lepelhomok talajon. *Növénytermelés* 33:6:535-547.
- Bauer F. és Cserni I. (1993): A Duna-Tisza közti homokhátság mezőgazdasági hasznosításának kérdései. A Nyírség mezőgazdasági fejlesztésének lehetőségei és távlatai c. Tudományos Ülés. Nyíregyháza. p.: 25-28
- Baumgartl T. (2006): Atterberg Limits in Lal R. *Encyclopedia of Soils*. Taylor and Francis Group.
- Beavers, A.H. és Marshall, C. E. (1951): The cataphoresis of clay minerals and factors affecting their separation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 15:142-145.
- Bodenkundliche Kartieranleitung (2005.): 5. verbesserte und erweiterte Aufgabe, Hannover, p.: 141
- Brady C. N. és Weil R. R. (1999): *The Nature and Properties of Soils*, 12th Edition, Prentice Hall, New Jersey. p.: 120, 619-630
- Bronick, C. J. és Lal, R. (2005): Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124, p.: 3-22
- Bucsi T. (2008): Németországban használatos talajtömörödési skála (Packungsdichte) bemutatása és összehasonlítása különböző talajfizikai vizsgálati módszerekkel. *Talajtani Szakirányú továbbképzés, Szakdolgozat, Gödöllő*.
- Buzás I. szerk (1988): *Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyve 2. A talajok fizikai-kémiai és kémiai vizsgálati módszerei*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. p.:90-92
- Buzás I. szerk (1993): *Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyve 1. A talaj fizikai, vízgazdálkodási és ásványtani vizsgálata*. INDA 4231 Kiadó, Budapest. p.:42, 50-54, 76,
- Chastro Fillo C. és Logan T. (1998): Soil aggregation mechanisms affected by liming. *World Congress of Soil Science, Montpellier, France, CD-ROM*
- Csaba L., Kiss O., Szinay M., Vermes L., (1978): Hígrágya-hasznosítás Mezőgazdasági kiadó, Budapest, p.: 9-12, 23., 43-63, 72-77.
- Csávás I., Fekete J., Kiss O. és Vermes L. (1975): A hígrágya kezelési módszereinek vizsgálata szakosított sertéstelepeken. *Akadémiai Kiadó, Budapest*, p.:49-57
- Cserni I. és Füleky Gy. (2008): A Duna-Tisza közti homokhátság talajainak vízgazdálkodása. *Talajvédelem különszám, Talajvédelemi Alapítvány, Bessenyei György Könyvkiadó, Nyíregyháza*, p.: 53-62
- Czibulya Zs., Tombácz E., Szegi T., Michéli E. and Zsolnay Á. (2008): Rheology of soil suspensions in corresponding state. *Geoderma*, megjelenés alatt
- De Boodt M., De Leenher L., Kirham D. (1961): Soil aggregate stability indexes and crop yields. *Soil Science*, Volume 91. p.: 138 – 146

- di Gléria J. in Sigmond E. (1934): Általános talajtan. A szerző kiadása. p.: 339-340.
- di Gléria J., Kliemes-Szmik A., Dvoracek M. (1957): Talajfizika és Talajkolloidika. Akadémiai Kiadó, Budapest. p.: 77-79, 339.
- Dömsödi J. (1984): Homoktalajok termőképességének fokozása talajjavító (szerves és ásványi) anyagokkal. Agrokémia és Talajtan Tom. 33. 1-2 p.: 175-182.
- Dzuy, N. Q. és Boger D. V (1983): Yield stress measurment for concentrated suspensions. Journal of Rheology 27 p.: 321-349.
- Egerszegi S. (1953): Homokterületeink termőképességének megjavítása „altalajtrágyázással”. Agrokémia és Talajtan 2. p.: 97-107.
- Egerszegi S. (1958): A réteges homokjavítás. Agrártudomány 10. 2-3. p.:1-7
- Egerszegi S (1962): A homoktalaj tartós megjavítása elméletének és alkalmazásának főbb szempontjai. MTA Agrártudományok Osztály Közleménye 21. p.: 113-120.
- Egerszegi S. (1971): A homoktalajok művelésének és termőképességük növelésének főbb szempontjai. MTA Agrártudományi Közlemények 30. p.: 493-505.
- FAO (2006): Guidelines for Soil Description. 4th Edition. Rome. p.: 26-28.
- Fekete J. (2001): Bevezetés a talajtanba. Egyetemi jegyzet. SZIE MKK, Gödöllő
- Fekete J. (2009): Szóbeli közlés. Gödöllő
- Filep T. és Szili-Kovács T. (2005): A meszezés hatása a talaj mikrobiális mennyiségére két savanyú homoktalajon. Agrokémia és Talajtan 54. 1-2 p.:139-148.
- Gabriels D., De Boodt M., Minjauw D. (1974): Dune sand stabilization with synthetic soil conditioners: a laboratory experimnet. Soil Science Vol. 118. No 5. p.: 332-338
- Gál Anita (2006): Növénytermesztési rendszerek hatása a talaj szerves szén mennyiségére, valamint egyes talajtulajdonságokra. Doktori értekezés, Gödöllő. p.: 61-65.
- Gáti F. és Kazó B. (1965): Kísérletek agyag-humusz-polimer (AHP) alapú trágyakészítmények felhasználására homoktalajon. Agrokémia és Talajtan 14. 1-2 p.:17-27.
- Ghezehei T. A. és Or D. (2001): Rheological properties of wet soils and clays under steady and oscillatory stresses, Soil Sci. Soc. Am. J., Vol.65, 2001, p.: 624-637
- Ghezehei T. A. és Or D. (2003): Dynamics of pore space in soil aggregate bed under static and dynamic external loads, Soil Sci. Soc. Am. J., Vol. 67, 2003, p.:12-16
- Greenland D. J., Rimmer D., Payne D. (1975): Determination of structural stability class of English and Welsh soils, using a water chorence test. Journal of Soil Science Vol. 73 p.: 427-441.
- Hajela R.B. és Bhatnagar J. M. (1972): Application of rheological measurmnets to determine liquid limit of soils. Soil Science, Vol.: 114 p.: 122-130.

- Hedrick R.M. és Mowry D. T. (1952): Effect of synthetic polyelectrolytes on aggregation, aeration, and relationships of soil. *Soil Science* Vol. 73 p.: 427-441.
- Hegymegi P., Spiegel H., Filcheva E., Gál A., Verheijen F. (2007): Review and comparison of methods used for soil organic carbon determination. Part 2. Laboratory study. *Soil Science Agrochemistry and Ecology*. Vol.: XLI. No.: 4. p.: 19-25
- Hepp F. (1968): A művelésmélység és a trágyázás kölcsönhatásának vizsgálata homoktalajon. *Agrokémia és Talajtan* 17. 3. p.:183-187
- Hepp F. (1974): A művelésmélység és a trágyázás kölcsönhatásának vizsgálata homoktalajon III. *Agrokémia és Talajtan* 23. 3.-4. p.:418-429.
- Hillel D. (1998): *Environmental Soil Physics*. Academic Press.
- Houskova B., Montanarella L., Arwyn J. (2007): *European Soil Visual Assessment Guidelines, Final Draft, JRC Italy*
- Jones R. J. A. és Verheijen F. ed. (2007): *ENVASSO Procedures and Protocols* megjelenés alatt.
- Kay B. D. és Angres D. A. (2002): *Soil Structure in Soil Physics Companion* ed.: A.W. Warrick. CRC Press. p.: 249-294.
- Kazó B. (1958): Homokfelszín megkötése hazai gyártmányú „Solakrol”-lal. *Agrokémia és Talajtan* Tom 7. No. 2. p.: 141-149.
- Kazó B. (1981): Homoktalajok melioratív javítása hígtrágya, barnaszén, zeolit dezaggregátumokkal. *Agrokémia és Talajtan* Tom 30. No. 1-2. p.: 199-201
- Kazó B., Karucka A., Kocsis I. (1981): A talajok víz- és tápanyag-gazdálkodásának javítása hígtrágya, barnaszén, zeolit dezaggregátumokkal. *Agrokémia és Talajtan* Tom 30. No. 1-2. p.: 235-239
- Kazó B., Karucka A., Kocsis I. (1982): Homoktalajok termékenységének fokozása zeolit-tartalmú talajjavító anyag felhasználásával. Hazai természetes zeolitok kutatása és felhasználása. Veszprém
- Kazó B., Karucka A., Kocsis I. (1983): Hígtrágyák besűrítéssel kezelésének jelentősége talajtani és környezetvédelmi szempontból. *Agrokémia és Talajtan* Tom 32. No. 3-4. p.: 461-464
- Kádár I. (1999): *Tápanyaggazdálkodás Magyarország homokjain*. International Potash Institute, Basel; MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézet, Budapest.
- Kádár I. és Szemes I. (1994): *A nyírlugosi tartamkísérlet 30 éve*. MTA TAKI, Budapest.
- Kádár I. és Vass E. (1988): Napraforgó műtrágyázása és meszezése savanyú homoktalajon, *Növénytermelés*, Tom. 17. No. 3. p. 207-212.

- Kemper W. D. és Rosenau R. C. (1986): Aggregate Stability and Size Distribution in Methods of Soil Analysis Part 1. Physical and Mineralogical Methods 2nd Edition edited by Klute A. Madison, Wisconsin USA
- Kléh Gy. és Szücs L. (1954): A Nyírség talajviszonyai, Agrokémia és Talajtan, 3. 1-2., p.: 47-65.
- Klimes-Szmink A. (1954): Aljtrágyázott homok vízgazdálkodása. Agrokémia és Talajtan 3. 1-2. p.: 75-99
- Klimes-Szmik A. (1955): Aljtrágyázott homok tápanyagviszonyai és földművelési vonatkoztatásai. Agrokémia és Talajtan 4. 4. p.: 313-331.
- Kocsis I., Ligetvári F., Daróczy S. (1996): A valiográf-fal mért reológiai paraméterek felhasználása a talajvédelemben. „A termőföld védelme” az OMÉK '96 Kísérőrendezvénye. Gödöllő. p.: 104-111.
- Kocsis I., Ligetvári F., Babák Gy., Simándi P. (1999): Talajreológiai mérések valiográf-fal. Magyar Spektrokémiai Vándorgyűlés kiadványa. Veszprém. p.: 255-258
- Kocsis I., Babák Gy., Soós A. (2003): A hajtatóházak termesztő közegeinek fizikai tulajdonságai. SZAB Kertészeti munkabizottságának Tudományos ülése, Tessedik Sámuel Főiskola, Szarvas. MVM FK Kiadványa. p.: 159-163.
- Kocsis I. (2005): A homoktalajok reológiai vizsgálata. in: Fenntartható homoki gazdálkodás megalapozása a Nyírségben. Szerkesztette Lazányi János. Nyíregyháza. p.: 289-308
- Köhler M. (1984): A homoktalajok termőképességének növelése dúsított agyagos komposzt – trágyák felhasználásával. Agrokémia és Talajtan, Tom.33. No.1-2. p.: 214-216
- Köhler M. (1989): Kedvezőtlen talajtulajdonságok csökkentése és hozamok növelése környezetkímélő ásványi és agyagos komposzt alkalmazásával. Agrokémia és Talajtan 38. p.: 231-234
- Köhler M. (2003): Bentonitos meddő és a riolituffa örlemény felhasználása a növény-, a zöldség-, a gyümölcs-, és a szőlőtermesztésben. Tápanyaggazdálkodás. Őstermelő gazdálkodók lapja. Február – március. p.:38-40
- Kreybig L. (1944): A Tiszántúl. Magyar Királyi Földtani Intézet Kiadás, Budapest. p.: 66-69, 93-104
- Lakatos M. (1967): Különböző nitrogén műtrágyák alkalmazása homoktalajon. Agrokémia és Talajtan, 16. 4. p.: 615-625
- Lazányi J. (1994): A homokjavító kísérletekkel végzett kísérletek eredményei. Debreceni Agrártudományi Egyetem Kutató Központja, Nyíregyháza p.:44-47, 181-184, 189-192
- Láng I. (1961): A réteges homokjavítás hatása a homoki bab termés hozamára és tápanyagfelvételére. Agrokémia és Talajtan, 10. 3. p.: 389-401.

- Makádi M., Tomócsik A., Márton Á. (2006): Szerves és szervesetlen anyagok mezőgazdasági hasznosíthatóságának vizsgálata a DE ATC Kutató Központban. MTA SZ-SZ-B. megyei Közgyűlés és XV. Tudományos Ülés, Nyíregyháza, Szeptember 22. CD-ROM.
- Makled F.M.A. (1967): A réteges homokjavítás hatása a lucerna termés hozamára az Egyesült Arab Köztársaság El Tahreer Tartományában. *Agrokémia és Talajtan*, 16. 1-2. p.: 179-182
- Markgraf W. és Horn R. (2006): Rheometry in soil mechanics: microstructural changes in a Calcaric Gleysol and Dystric Planosol. p.: 47 – 59. in Horn R., Fleige H, Peth S., Peng X. *Soil Management for Sustainability. Advances in geology* 38, IUSS.
- Markgraf W., Horn R., Peth S. (2006): An approach to rheometry in soil mechanics – Structural changes in bentonite, clayey and silty soils. *Soil and Tillage Research* 91. p.:1-14
- Marosi S. és Somogyi S. (szerk.) (1990): Magyarország tájainak kistáj-katasztere. MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest, p.: 915-927
- Marshall T. J., Holmes J. W., Rose C. W. (1996): *Soil Physics*. Third Edition. Cambridge University Press.
- Márton Á. (1969): Különböző adagú és arányú nitrogén műtrágyák hatásának vizsgálata nyírségi homoktalajon. *Agrokémia és Talajtan*, 18. 2. p.: 255-260.
- Márton Á. (1984): Gyengén savanyú homoktalaj termékenységének növelése tarlón visszamaradt szalmatrágyával. *Agrokémia és Talajtan*, 33. 1.-2. p.: 195-198
- Márton Á. és Makádi M. (2004): A Nyírségvíz Rt. működési területén keletkező közüzemi szennyvíziszap gazdaságos és EU-konform hasznosítása. Pályázati zárójelentés.
- Máté F. (1996): A talajtömörödés és a talajkonzisztencia összefüggése. *Környezet és Tájgazdálkodási füzetek*. 96/1 p.: 76 – 78.
- McBride R. (2006): Consistence in Lal R. *Encyclopedia of Soils*. Taylor and Francis Group.
- Michéli E., Tombácz E., Szegi T., Gál A. (2002): The relationship of rheological parameters and erodibility of soils. *Proceeding of the 12th ISCO Conference, Beijing, China*. p.: 110-115.
- Mortensen J.L. és Martin W.P. (1956): Effect of soil-conditioner-fertilizer interactions on soil structure, plant growth and yield. *Soil Science* Vol. 81. p.: 33-45.
- Mózes Gy. és Vámos E (1968): *Reológia és Reometria*, Műszaki Kiadó, Budapest,
- Nelson D. W. és Sommers L. E. (1996): Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Method. in.: *Methods of soil analysis, part 2. Chemical and Microbiological properties*. 2nd edition. 1982. SSA Inc. Madison. p.: 570-571.
- Németh T. (1996): Talajaink szervesanyag – tartalma és nitrogénforgalma. MTA TAKI Budapest. p.: 65-66, 87-88.

- Norton L. D., Mamedov A. I., Huang C., Levy G. J. (2006): Soil aggregate stability as affected by long-term tillage and clay mineralogy. p.: 422 – 430. in Horn R., Fleige H, Peth S., Peng X. Soil Management for Sustainability. Advances in geology 38, IUSS.
- NSSC/NRCS (2002): Filed Boook for Describing and Sampling Soils. USDA, Lincoln, Nebraska. p.: 2-29-2-35.
- Nyéki J. (1969): A Keszthelyi Agrártudományi Főiskola zöldtrágyázási kísérletei 1953-1966. In: Szántóföldi zöldtrágyázási kísérletek 1950-1968. (szerk.: Antal J.). Kutatási zárójelentés, Délalföldi Mg. Kut. Int. Szeged. p.: 25-43
- Or D. és Ghezehei T. A. (2002): Modeling post-tillage soil structural dynamics: a review. Soil and Tillage Research 64. p.: 41-59
- Pálmai O. (2005): Hazánk talajainak állapota. Előadás, Velence, 2005. január 19.
- Petis M. (2004): Szerves hulladékok újrahasznosítása - a Nyírbátori Biogáz Üzem Agrárágazat,
- Prettenhoffer I. (1981): Futóhomok-talajok javítása helyben kitermelhető anyagokkal. Agrokémia és Talajtan, 30. 1-2. p.: 196-198.
- Rengasamy P., Greene R. S. B., Ford G. W. (1984): The role of clay fraction in the particle arrangement and stability of soil aggregates – A review. Clay research 3. p.: 291-299.
- Richard G., Besson A., Sani A. A., Cosenza P., Boizard H., Causin I. (2006): A new approach of soil structure characterisation in filed conditions based on electrical resistivity measurements. p.: 415 – 422 in Horn R., Fleige H, Peth S., Peng X. Soil Management for Sustainability. Advances in geology 38, IUSS.
- Sabet S. A., Abdel Salam M. A., El-Bagouri I.H. (1971): Mélyműveléssel talajba kevert és szőnyegszerű rétegben elhelyezett agyag – és szervestrágya keverékek hatásának összehasonlító vizsgálata homoktalajon. Agrokémia és Talajtan, 20. 1-2. p.: 291-299.
- Safadoudoust A., Mosaddeghi M. R., Mahboubi A. A. (2006): Tensile strength of air-dry soil aggregates as influenced by short - term management practices in Western – Iran. p.: 436 – 446. in Horn R., Fleige H, Peth S., Peng X. Soil Management for Sustainability. Advances in geology 38, IUSS.
- Sipos G. és Racskó J. (2005): A hígtrágya kezelése és szántóföldi kijuttatása, Agrárágazat, 2005.6.6: 44-48.
- Simon B. (2001): Acidity os selected soils of Hungary. MS Thesis
- Sing U. és Uehara G. (2000): Electrochemistry of double – layer: principals and applications to soils. in: Soil physical chemistry ed.: Sparks, CRC Press Florida, p.: 19-20, 32.
- Stefanovits P. (1953): A nyírségi kováraványos homok, Különlennyomat, A Magyar Tudományos Akadémia, Agrártudományok Osztályának közleményei, III. Kötet 1-2 számából.

- Stefanovits P. (1956): Magyarország talajai, Akadémiai Kiadó, Budapest, 145-149.
- Stefanovits P. (1963): Magyarország talajai II. bővített kiadás, Akadémiai Kiadó, Budapest, 220-221, 242-248, 285.
- Stefanovits P. (1970): A talajszerkezet minőségének, valamint a talajkondicionáló szerek hatásának vizsgálata a mesterséges aggregátumok segítségével. Különlenyomat az Agrártudományi Egyetem 1970. évi közleményeiből. p.: 287 - 294
- Stefanovits P. (1971): Nátrium – poliakrilát, vasszulfát és növényi mézga talajszerkezet – tartósító és szerkezetképző hatásának összehasonlító vizsgálata. Az agrártudományi egyetem közleményei II. Gödöllő. p.:311-319
- Stefanovits P. (1977): Talajjavítási eljárások, in: A melioráció kézikönyve, szerk.: Szabó János. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p.:177-184
- Stefanovits P. (szerk) (1977): Talajvédelem, környezetvédelem. Mezőgazdasági kiadó, Budapest, p.: 105-106.
- Stefanovits P. és Fekete J. (1984): A lápföldes homokjavítás értékelése. Agrokémia és Talajtan 33. 1-2. p.: 199-206.
- Stefanovits P. (1991): Az agyagásvány-összetétel ismeretének talajtani alkalmazási lehetőségei. Agrokémia és Talajtan 40. 1-2. p.: 17-30
- Stefanovits P. (1992): Talajtan. Mezőgazda kiadó, Budapest, p.: 114-115
- Stefanovits P. (1993): Magyarország tájainak talajviszonyai, SZIE KGI egyetemi jegyzet, Gödöllő, p.: 29-31.
- Stefanovits P., Filep Gy. és Fülek Gy. (1999): Talajtan, Mezőgazda kiadó, Budapest, p.: 151, 164, 250, 414-415.
- Steffe „J. F.: Rheological Methods in Food Process Engineering. 2nd Edition Freeman Press USA 1996.
- Stevenson F. J. (1994): Humus chemistry. 2nd edition Jhon Wiley and sons, New York. p.: 440-449.
- Szabolcs I., Darab K., Főríz J.-né, Földvári Gy., Jassó F., Várallyay Gy. (1966): A genetikus üzemi talajtérképezés módszerkönyve. Budapest. OMMI. p.: 168. 170-174. 178. 185-187. 190. 193-195.
- Szabolcs I. és Várallyay Gy. (1978): A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon. Agrokémia és Talajtan 27. 1-2. p.: 181-202.
- Szántó F. (1987): Kolloidkémia alapjai, Gondolat 309-323.
- Szemes I. és Kádár I. (1990): Mútrágyázás és meszezés tartamhatásának vizsgálata savanyú homoktalajon. Növénytermelés Tom. 39. No.2 p. 147-155
- Szűcs I.(2004): Alkalmazott statisztika, Agroinform Kiadó Budapest.

- Tarchitzky J., Hatcher P. G, Chen Y. (2000): Properties and distribution of humic substances and inorganic structure-stabilizing components in particle-size fractions of cultivated Mediterranean soils. *Soil Science* 165, p.: 328-342
- Tatár L.-né és Klenczner I. (1984): Különböző meszezőanyagok hatása a gyengén savanyú homoktalajok termékenységére. *Agrokémia és Talajtan* 33. 1-2. p.: 189-194
- Thear A. (1809-1821): *Trágyázástan* p.: 41-42. Berlin. A magyar kiadást szerkesztette és kiadta, Dr. Kádár Imre, MTA, TAKI, 1996.
- Tisdall J. M. és Oades J. M. (1979): Stabilization of soil aggregates by the root systems of ryegrass. *Austral Journal of Soil Science Research*, 17., p.: 429-441
- Tisdall J. M. és Oades J. M. (1982): Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*, 33. p.:141-163
- Tisdall J. M., Smith S. E. és Rengasamy P (1997): Aggregation of soil by fungal hyphae. *Australian Journal of Soil Research* 35. p.: 55-60
- Tombácz E., Sipos S., Szántó F. (1981): Huminsavak kapilláraktivitása és asszociációs jellemzői. *Agrokémia és Talajtan* 30. 1.-2. p.: 365-380.
- Tombácz E., Gilde M, Szántó F. (1984): The effects of Na-salicylate and Na-fulvate on the stability and rheological properties of Na-montmorillonite suspension. *Acte Physica et Chemia*, Szeged, p.: 165-174
- Tombácz E., Gilde M., Ábrahám I., Szántó F. (1986): Huminsav és montmorillonit kölcsönhatása: adszorpció és/vagy koaggregáció. *Agrokémia és Talajtan* 35. 3.-4. p.: 341-362.
- Tombácz E., Ábrahám I., Szántó F. (1990): The possibility of heterocoagulation between montmorillonite and humic substances. *Applied Clay Science* 5. 265-270. Elsevier, Amsterdam.
- Tomócsik A., Makádi M., Bogdányi Zs., Márton Á. (2006): Kommunális szennyvíziszap komposzt mezőgazdasági felhasználásának vizsgálata. *Biohulladék*, 1. évf. 4. szám, pp. 16-20.
- Troeh R. F. és Thompson M. L. (1993): *Soils and soil fertility*. Oxford University Press. p.: 44-49.
- Vass E. (1980/a): Különböző javítóanyagokkal és adagokkal, modell körülmények között történő meszezés és műtrágyázás hatása egy kovárványos barna erdőtalaj néhány kémiai tulajdonságára I. A meszezett talaj KCl-os pH, hidrolitos aciditás értékeinek alakulása növekvő javítóanyag dózisok esetén. *Növénytermelés* Tom. 29. No. 5. p. 453 – 463
- Vass E. (1980/b): Különböző javítóanyagokkal és adagokkal, modell körülmények között történő meszezés és műtrágyázás hatása egy kovárványos barna erdőtalaj néhány kémiai

- tulajdonságára II. Az oldható tápanyagtartalom változása különböző mészdózisok hatására létrejött kémiai tulajdonságok függvényében. Növénytermelés Tom. 29. No. 6. p. 545 – 551
- Várallyay Gy. (1984): Magyarországi homoktalajok vízgazdálkodási problémái. Agrokémia és Talajtan 33. 1.-2. p.: 159-169.
- Volk G. M. és Hensel D. R. (1969): Aggregation of mineral and organic matter in Rutlege, Ona, and Leon fine sands of the Southeastern Costal Plains. Soil Science Vol. 110. p.: 333-338.
- Wahhab A., Khabir A., Azim M. N., Uddin F. (1956): Effect of a synthetic polyelectrolyte on the chemical, physical, biological, and agronomic aspects of some punjab soils. Soil Science Vol. 81., p.: 139-149
- Waters A. G. és Oades J.M. (1991): Organic matter in water-stable aggregates. in W.S Wilson (ed.), Advances in Soil Organic matter research. The impact on agriculture and the environment, Royal Society of Chemistry, Cambridge. p.:163-174
- Westsik V. (1951/a): A homoki vetésforgók beosztásának irányelvei. Magyar mezőgazdaság. 6. évfolyam 1.szám p.:15-16
- Westsik V. (1951/b): Homoki vetésforgóinkkal végzett kísérletek eredményei. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Workshop on Manure Processing and Nutrient Management Including Solutions for End Products, 2006, Brüsszel
- WRB – World Reference Base for soil resources 2006. IUSS Working Group WRB. World Soil Resources Report No. 103. FAO, Rome
- Zentay T. és Gerei L. (1989): Helyben fellelhető agyagásvány – tartalmú javítóanyagok hatása karbonátos homoktalajra. Agrokémia és Talajtan 38. p.: 74-76
- ASTM Standard Test Method for Field Vane Shear Test in Cohesive Soil, D 2573-94, 1997.
- MSZ-08-0205-78: Műszaki irányelv a talaj mechanikai összetételének meghatározásáról
- MI-08-1735-1990 Ágazati Műszaki Irányelv szennyvizek és szennyvíziszapok termőföldön történő elhelyezéséről.
1996. LIII Törvény a természet védelméről.
- 2/2000. (I. 18.) FVM -KöM együttes rendelete.”A talajjavításhoz és a tápanyag-utánpótláshoz, a növények kondicionálásához valamint a kártevők és betegségek elleni védekezéshez kivételesen - az ellenőrző szervezet egyetértésével - használható anyagok és felhasználásuk feltételei”
- 50/2001. (IV. 3.) kormányrendelet: a szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól.
- 151/2004. (X. 13) FVM rendelet: Nemzeti Vidékfejlesztési Terv.

[http://www. soil-index.com](http://www.soil-index.com)

<http://www.origo.hu/mindentudasegyeteme/zrinyi/20030117kislexikon.html>

http://science.nasa.gov/headlines/y2002/11jul_mgm.htm

www.wikianswers.com

B. MELLÉKLET

Mérési jegyzőkönyvek

B1. melléklet: A felhasznált hígtrágya laboratóriumi mérési jegyzőkönyve

VIZSGÁLATI JEGYZŐKÖNYV HÍGTRÁGYA VIZSGÁLAT

A vizsgálatot végző laboratórium neve:

Fejér Megyei Növény- és Talajvédelmi Szolgálat Talajvédelmi Laboratóriuma

A Nemzeti Akkreditáló Testület által akkreditált vizsgáló laboratórium, MSZ EN ISO/IEC 17025:2001 szabvány szerinti akkreditációja folyamatban van.

A Deutchen Akkreditierungs Rat által DAP-PL-3273.00 számon akkreditált vizsgáló laboratórium.

Címe: Velence, Ország út 23.
Levélcím: 2481 Velence, Ország út 23.
Telefon: (22) 589-223, (22) 472-246
Telefax: (22) 589-211

A vizsgálato(ka)t megrendelő neve: Szegi Tamás, SZIE Talajtani és Agrokémiai Tanszék

Címe: 2100 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

A minta származási helye:

Mintavételt végezte:

A vizsgált minta (vagy minták) átvételének időpontja: 2003.08.11.

A vizsgálat elvégzésének időpontja: 2003.08.11.09.16.

A minta (minták) laboratóriumi sorszáma: 879/2003.

A jegyzőkönyv 4 számozott oldalt tartalmaz.

Velence, 2003.09.16.



Kucsera Sándor
Kucsera Sándor
laboratóriumvezető

A Fejér Megyei NTSZ Talajvédelmi Laboratórium írásbeli engedélye nélkül a jelentés csak teljes terjedelmében sokszorosítható (EN-45001-5.4.3.)
A mért értékek a megvizsgált mintákra vonatkoznak.

HÍGTRÁGYA VIZSGÁLAT

Minta származási helye: SZIE Talajtani és Agrokémiai Tanszék

Minta jele: I

Vizsgálati jegyzőkönyv száma : 879/2003.

Mért értékek

pH	7,37		Al	91,87	(mg/l)
Vezetőképeség	11,93	(mS/cm)	As	0,41	(mg/l)
Szárazanyag	10,05	(%)	B	2,52	(mg/l)
Izzítási veszteség	8,11	(%)	Ba	2,13	(mg/l)
Hamu	1,94	(%)	Cd	0,04	(mg/l)
Sűrűség	1014,7	(g/l)	Co	0,09	(mg/l)
Összes nitrogén	2123	(mg/l)	Cr	1,22	(mg/l)
Összes foszfor	11000	(mg/l)	Cu	5,78	(mg/l)
Összes kalcium	20420	(mg/l)	Fe	125,64	(mg/l)
Összes magnézium	8133,0	(mg/l)	Hg	< 0,50	(mg/l)
Összes kálium	31720	(mg/l)	Li	0,16	(mg/l)
Összes nátrium	3614	(mg/l)	Mn	18,90	(mg/l)
			Mo	0,15	(mg/l)
			Pb	0,06	(mg/l)
			S	481,34	(mg/l)
			Se	<2,00	(mg/l)
			Ti	0,46	(mg/l)
			V	0,22	(mg/l)
			Zn	19,03	(mg/l)

Összes elemtartalom
Vizsgálati módszerek, eszközök, mérési bizonytalanság

Vizsgálat neve	Módszer	Készülék	Bizonytalanság
As	MSZ 21470-50:1998	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	5-10 rel. %
Al	MSZ 21470-50:1998	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	5-15 rel. %
B	MSZ 21470-50:1998	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	5-10 rel. %
Ca	MSZ 21470-50:1998	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	5 rel. %
Cd	MSZ 21470-50:1998	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	5-10 rel. %
Co	MSZ 21470-50:1998	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	5-15 rel. %
Cr	MSZ 21470-50:1998	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	5-15 rel. %
Cu	MSZ 21470-50:1998	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	5-7.5 rel. %
Fe	MSZ 21470-50:1998	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	5 rel. %
Hg	MSZ 21470-50:1998	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	5-10 rel. %
K	MSZ 21470-50:1998	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	5 rel. %
Li	MSZ 21470-50:1998	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	5-10 rel. %
Mg	MSZ 21470-50:1998	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61 E	5 rel. %
Mn	MSZ 21470-50:1998	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61 E	5 rel. %
Mo	MSZ 21470-50:1998	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61 E	7.5-10rel. %
Na	MSZ 21470-50:1998	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61 E	5 rel. %
Ni	MSZ 21470-50:1998	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61 E	5-15 rel. %
P	MSZ 21470-50:1998	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61 E	5 rel. %
Pb	MSZ 21470-50:1998	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61 E	5-10 rel. %
S	MSZ 21470-50:1998	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61 E	5 rel. %
Se	MSZ 21470-50:1998	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61 E	5-10 rel. %
Ti	MSZ 21470-50:1998	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61 E	5-15 rel. %
V	MSZ 21470-50:1998	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61 E	5-10 rel. %
Zn	MSZ 21470-50:1998	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61 E	5-7.5 rel. %

Hígtrágya vizsgálati módszerek, eszközök, mérési bizonytalanság

Vizsgálat neve	Módszer	Készülék	Bizonytalanság
pH	MSZ-08-0462:1987	Digitális pH-mérő, Radelkis OP-300, Sentron	0.05
Vezetőképesség	MSZ-08-0462:1987	Konduktométer, WTW LF538	5 rel. %
Szárazanyag	MSZ-08-0462:1987	Száritószekrény, Labor MIM LP-321-3	5 rel. %
Izzítási veszteség	MSZ-08-0462:1987	Izzítókemence, Labor MIM LR-203	5 rel. %
Hamu	MSZ-08-0462:1987	Izzítókemence, Labor MIM LR-203	5 rel. %
Sűrűség	MSZ-08-0462:1987	Piknométer, Mettler AC-100-52	0.5 rel. %
Összes nitrogén	FIA13:1991	FIAsar, TECATOR	5-7.5 rel. %
Összes foszfor	MSZ-08-0478-6:1987	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	5-7.5 rel. %
Összes kalcium	MSZ-08-0478-8:1987	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	5-7.5 rel. %
Összes magnézium	MSZ-08-0478-9:1987	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	5-7.5 rel. %
Összes kálium	MSZ-08-0478-7:1987	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	5-7.5 rel. %
Összes nátrium	MSZ-08-0478-10:1987	ICP Thermo Jarrell Ash ICAP 61E	5-7.5 rel. %

B2. melléklet: A felhasznált komposzt vizsgálati jegyzőkönyve

NYÍRSÉGVÍZ

Nyíregyháza és Térsége Ví- és Csatornamű Rt.

Központi Laboratóriuma

A NAT által 501/0883 számon Akkreditált vizsgálólaboratórium

SZENNYVÍZ ISZAP VIZSGÁLATI ADATLAP

Minta száma: 3652	Mintavétel helye, a minta jellege: Behozott komposztminta Mintát vette: *Akkreditált mintavétel *Behozott minta (*A megfelelő sor aláhúzendő)
Mintavétel időpontja:	2002. október 1.
Vizsgálat időpontja	2002. október 1.

A mérési adatok dimenziója: g/kg szárazanyag

Szárazanyag (MSZ 318-3:1979)	66,2 %	Nátrium (MSZ 08-0012-13:1987)	Réz (MSZ 08-0012-19:1987)	
Szervesanyag (MSZ 318-3:1979)	81 8,1%	Ólom (MSZ 318-10:1985)	Cink (MSZ 08-0012-18:1987)	
pH (MSZ 318-5:1979)		Króm összes (MSZ 318-11:1983)	Kadmium (MSZ 21470-50:1998)	
SZOE (MSZ 318-6:1979)		Kalcium (MSZ 318-12:1986, 2.	Mangán (MSZ 08-0012-17:1987)	
Nikkel (MSZ 318-7:1983)		Magnézium (MSZ 318-12:1986, 1-3	Összes nitrogén (MSZ 08-0012-10:1987)	2,82 0,282%
Összes kálium (MSZ 318-8:1986)	9,4 0,94%	Összes vas (MSZ 318-14:1987)	Összes foszfor (MSZ 08-0012-11:1987)	0,80 0,08%
Higany (MSZ 318-24:1984)		Arzén (MSZ 318-28:1992)		

A helyes mintavételezésért, a vizsgálatok szempontjából megfelelő mintaszállításért és tárolásért a mintavevő a felelős.

Nyíregyháza, 2002. október 16.

.....
laboratóriumvezető

Jelen jegyzőkönyv a vizsgálólaboratórium írásbeli engedélye nélkül csak teljes terjedelmében másolható.

Eredeti példány: Kémiai csoportvezető

Megrendelés esetén kapják: Megrendelő, Laboratóriumvezető

MK 17025/B11
2002.06.06.

NYÍRSÉGVÍZ Rt.

NYÍRSÉGVÍZ

Nyíregyháza és Térsége Víz- és Csatornamű Rt.

Központi Laboratóriuma

A NAT által 501/0883 számon Akkreditált vizsgálólaboratórium

SZENNYVÍZ ISZAP VIZSGÁLATI ADATLAP

Minta száma: 3653	Mintavétel helye, a minta jellege: Behozott komposztminta Mintát vette: *Akkreditált mintavétel *Behozott minta (*A megfelelő sor aláhúzendő)
Mintavétel időpontja:	2002. október 1.
Vizsgálat időpontja	2002. október 1.

A mérési adatok dimenziója: g/kg szárazanyag

Szárazanyag (MSZ 318-3:1979)	65,6 %	Nátrium (MSZ 08-0012-13:1987)	Réz (MSZ 08-0012-19:1987)	
Szervesanyag (MSZ 318-3:1979)	76,3	Ólom (MSZ 318-10:1985)	Cink (MSZ 08-0012-18:1987)	
pH (MSZ 318-5:1979)		Króm összes (MSZ 318-11:1983)	Kadmium (MSZ 21470-50:1998)	
SZOE (MSZ 318-6:1979)		Kalcium (MSZ 318-12:1986, 2.	Mangán (MSZ 08-0012-17:1987)	
Nikkel (MSZ 318-7:1983)		Magnézium (MSZ 318-12:1986, 1-3	Összes nitrogén (MSZ 08-0012-10:1987)	2,73
Összes kálium (MSZ 318-8:1986)	10,7	Összes vas (MSZ 318-14:1987)	Összes foszfor (MSZ 08-0012-11:1987)	0,79
Higany (MSZ 318-24:1984)		Arzén (MSZ 318-28:1992)		

A helyes mintavételezésért, a vizsgálatok szempontjából megfelelő mintaszállításért és tárolásért a mintavevő a felelős.

Nyíregyháza, 2002. október 16.

.....
laboratóriumvezető

Jelen jegyzőkönyv a vizsgálólaboratórium írásbeli engedélye nélkül csak teljes terjedelmében másolható.

Eredeti példány: Kémiai csoportvezető

Megrendelés esetén kapják: Megrendelő, Laboratóriumvezető

MK 17025/B11
2002.06.06.

NYÍRSÉGVÍZ Rt.

NYÍRSÉGVÍZ

Nyíregyháza és Térsége Viz- és Csatornamű Rt.

Központi Laboratóriuma

A NAT által 501/0883 számon Akkreditált vizsgálólaboratórium

SZENNYVÍZ ISZAP VIZSGÁLATI ADATLAP

Minta száma: 3654	Mintavétel helye, a minta jellege: Behozott komposztminta Mintát vette: *Akkreditált mintavétel *Behozott minta (*A megfelelő sor aláhúzendő)
Mintavétel időpontja:	2002. október 1.
Vizsgálat időpontja	2002. október 1.

A mérési adatok dimenziója: g/kg szárazanyag

Szárazanyag (MSZ 318-3:1979)	68,3 %	Nátrium (MSZ 08-0012-13:1987)	Réz (MSZ 08-0012-19:1987)	
Szervesanyag (MSZ 318-3:1979)	65,0	Ólom (MSZ 318-10:1985)	Cink (MSZ 08-0012-18:1987)	
pH (MSZ 318-5:1979)		Króm összes (MSZ 318-11:1983)	Kadmium (MSZ 21470-50:1998)	
SZOE (MSZ 318-6:1979)		Kalcium (MSZ 318-12:1986, 2.	Mangán (MSZ 08-0012-17:1987)	
Nikkel (MSZ 318-7:1983)		Magnézium (MSZ 318-12:1986, 1-3	Összes nitrogén (MSZ 08-0012-10:1987)	2,05
Összes kálium (MSZ 318-8:1986)	9,5	Összes vas (MSZ 318-14:1987)	Összes foszfor (MSZ 08-0012-11:1987)	0,61
Higany (MSZ 318-24:1984)		Arzén (MSZ 318-28:1992)		

A helyes mintavételezésért, a vizsgálatok szempontjából megfelelő mintaszállításért és tárolásért a mintavevő a felelős.

Nyíregyháza, 2002. október 16.

.....
laboratóriumvezető

Jelen jegyzőkönyv a vizsgálólaboratórium írásbeli engedélye nélkül csak teljes terjedelmében másolható.

Eredeti példány: Kémiai csoportvezető

Megrendelés esetén kapják: Megrendelő, Laboratóriumvezető

MK 17025/B11
2002.06.06.

NYÍRSÉGVÍZ Rt.

B3. A laboratóriumi modell minták kationcsere kapacitás mérés eredményei

minta neve	vak	mintára fogyott	faktor	CEC (cmol/kg)	Átlag (cmol/kg)
homok	8,1	7,9	1,0032	1,67	2,81
	8,1	7,7	1,0032	3,34	
	10,2	9,8	1,0204	3,40	
bentonit	8,1	4,7	1,0032	28,43	27,33
	10,2	7,0	1,0204	27,21	
	10,2	7,1	1,0204	26,36	
montmorillonit	10,2	0,5	1,0032	81,10	79,02
	10,2	0,7	1,0032	79,43	
	10,2	1,2	1,0204	76,54	
homok+bent 10	10,2	9,0	1,0204	10,20	10,15
	8,1	7,0	1,0032	9,20	
	10,2	8,9	1,0204	11,06	
homok+bent 5	10,2	9,4	1,0204	6,80	6,73
	8,1	7,2	1,0032	7,52	
	8,1	7,4	1,0032	5,85	
homok+bent 2	10,2	9,5	1,0204	5,95	4,21
	8,1	7,7	1,0032	3,34	
	8,1	7,7	1,0032	3,34	
homok + bent+hg 10	9,6	8,4	1,0032	10,03	10,15
	10,0	8,6	1,0204	11,91	
	10,0	9,0	1,0204	8,50	
homok + bent+hg 5	9,6	8,4	1,0032	10,03	9,58
	10,0	9,2	1,0204	6,80	
	10,0	8,6	1,0204	11,91	
homok + bent+hg 2	9,6	8,5	1,0032	9,20	8,45
	10,0	9,0	1,0204	8,50	
	10,0	9,1	1,0204	7,65	
homok+ mont 10	10,2	8,1	1,0032	17,56	17,10
	9,6	7,6	1,0204	17,01	
	8,1	6,1	1,0032	16,72	
homok+ mont 5	10,2	8,6	1,0204	13,61	14,93
	8,1	6,2	1,0032	15,89	
	10,2	8,4	1,0204	15,31	
homok+ mont 2	10,2	9,2	1,0032	8,36	9,25
	10,2	9,0	1,0204	10,20	
	10,2	9,1	1,0032	9,20	

B4. A szántóföldi minták kationcsere kapacitás mérés eredményei

minta neve	vak	mintára fogyott	faktor	CEC (cmol/kg)	Átlag (cmol/kg)
Kontroll 2004	10,7	10,1	0,847	4,24	4,20
	9,2	8,5	1,0032	5,85	
	9,2	8,9	1,0032	2,51	
Kezelt 2004	9,2	8,7	1,0032	4,18	5,30
	9,2	8,6	1,0032	5,02	
	9,2	8,4	1,0032	6,69	
Kontroll 2006	9,2	8,9	1,0032	2,51	3,62
	9,2	8,7	1,0032	4,18	
	9,2	8,7	1,0032	4,18	
Kezelt 2006	9,2	8,6	1,0032	5,02	4,73
	10,7	10,2	0,847	3,53	
	10,7	9,9	0,847	5,65	

B5. A szántóföldi minták szervesanyag tartalom mérés eredményei

minta jele	bemért tömeg	fogyás	vak	0,39	1,724	SOM%	átlag
Kontroll 2004	0,3099	19,2	20			0,867841	0,878307
	0,3066	19,3	20			0,767534	
	0,3027	19,1	20			0,999544	
Kezelt 2004	0,3071	19,1	20			0,985223	1,029922
	0,3	19	20			1,1206	
	0,3075	19,1	20			0,983941	
Kontroll 2006	0,3036	19,2	20			0,88585	0,74152
	0,3023	19,4	20			0,667244	
	0,3004	19,4	20			0,671465	
Kezelt 2006	0,3014	19,2	20			0,892316	0,920721
	0,3038	19,2	20			0,885267	
	0,3073	19,1	20			0,984582	

B6. A laboratóriumi modell minták higroszkóposság mérés eredményei

Kezelés	Edény szám	Edény tömege	hy1
h	1	13,4057	0,2
h	24	19,378	0,1
h	26	26,9889	0,1
h-2%b	4	21,6621	0,2
h-2%b	4	13,3915	0,1
h-2%b	13	18,3751	0,2
h-5%b	6	22,9508	0,2
h-5%b	26	26,9889	0,2
h-5%b	4	21,6621	0,2
h-10%b	36	22,0438	0,3
h-10%b	25	21,02	0,3
h-10%b	17	22,2829	0,3
h-2%b-ht	26	26,9956	4,2
h-2%b-ht	7	21,9947	4,3
h-2%b-ht	32	22,0373	4,2
h-5%b-ht	14	25,6704	5,3
h-5%b-ht	6	22,9459	5,1
h-5%b-ht	4	21,6586	5,2
h-10%b-ht	11	23,5812	5,9
h-10%b-ht	3	21,886	5,5
h-10%b-ht	1	13,4059	5,7
h-2%m	4	13,3915	6
h-2%m	21	21,1611	6,4
h-2%m	13	18,3751	6,1
h-5%m	11	23,5831	6,6
h-5%m	32	22,0373	6,9
h-5%m	36	22,0438	6,8
h-10%m	25	21,02	7,2
h-10%m	6	22,9459	7,2
h-10%m	26	26,9889	7
b	B1	22,649	4,6
b	B2	12,9241	4,5
b	B3	21,9781	4,6
m	M1	19,4421	7,5
m	M2	17,5576	7,6
m	M3	22,3634	7,6

B7. A szántóföldi minták higroszkóposság mérés eredményei

	edény száma	Edény tömege	hyl érték
Kontroll 2004	32	22,0373	0,289825
	4	21,6586	0,288556
	17	22,2829	0,292207
Kezelt 2004	25	21,0223	0,298738
	3	21,8871	0,282558
	19	23,6054	0,29823
Kontroll 2006	14	25,6684	0,27926
	11	23,5831	0,287095
	13	18,3751	0,297525
Kezelt 2006	26	26,9926	0,293992
	21	21,1611	0,290014
	18	21,224	0,2935

B8. A laboratóriumi modell minták nedvesség visszatartás mérés eredményei

Minta neve	nedvesség visszatartás 1 óra (m%)
Homok	32,49
	32,29
	32,23
Homok + CaCO ₃	35,60
	34,40
	35,60
Homok + bentonit 2%	33,91
	32,60
	34,07
Homok + bentonit 2% + CaCO ₃	37,00
	36,60
	37,20
Homok + bentonit 5%	32,86
	35,29
	34,38
Homok + bentonit 5% + CaCO ₃	38,50
	38,80
	38,60
Homok + bentonit 10%	37,64
	38,42
	38,38
Homok + bentonit 10% + CaCO ₃	39,40
	39,70
	40,50
homok + bentonit 2% + hígtrágya	62,32
	61,88
	56,89
Homok + bentonit 2% + hígtrágya + CaCO ₃	74,40
	80,00
	76,90
Homok + bentonit 5% + hígtrágya	79,96
	72,75
	78,90
Homok + bentonit 5% + hígtrágya + CaCO ₃	97,70
	97,00
	96,30
Homok + bentonit 10% + hígtrágya	98,50
	90,03
	94,78
Homok + bentonit 10% + hígtrágya + CaCO ₃	
Homok + montmorillonit 2%	32,69
	35,01
	35,08
Homok + montmorillonit 5%	40,96
	41,30

	40,21
Homok + montmorillonit 10%	59,66
	60,18
	59,51

B9. A szántóföldi minták nedvesség visszatartás mérés eredményei

	nedvesség visszatartás 1 óra (m%)
Kontroll 2004	48,89
	50,45
	47,88
Kezelt 2004	47,68
	48,13
	48,08
Kontroll 2006	46,08
	45,98
	45,98
Kezelt 2006	48,14
	46,75
	45,74

B10. A laboratóriumi modell minták leiszapolható részének és a belőlük számolt faktorok mérés eredményei

Kezelés	Livíz	LiNa	Kacsinszki	Vageler
h	27	39	68	47
h	26	42	62	62
h	26	42	63	60
h-2%b	27	49	56	78
h-2%b	26	46	57	77
h-2%b	28	50	55	83
h-5%b	29	57	51	96
h-5%b	29	59	49	104
h-5%b	29	58	50	99
h-10%b	30	61	49	105
h-10%b	30	61	49	104
h-10%b	30	62	47	111
h-CaCO ₃	20	24	85	18
h-CaCO ₃	20	21	94	6
h-CaCO ₃	20	22	90	11
h-2%b-CaCO ₃	22	27	84	19
h-2%b-CaCO ₃	22	24	90	11
h-2%b-CaCO ₃	22	24	91	10
h-5%b-CaCO ₃	26	27	96	4
h-5%b-CaCO ₃	25	27	92	9
h-5%b-CaCO ₃	25	30	86	16
h-10%b-CaCO ₃	33	35	94	6
h-10%b-CaCO ₃	32	33	97	4
h-10%b-CaCO ₃	32	33	96	4
h-2%b-ht	27	53	51	96
h-2%b-ht	28	50	56	79
h-2%b-ht	28	51	55	83
h-5%b-ht	28	63	45	123
h-5%b-ht	29	61	48	108
h-5%b-ht	30	63	47	111
h-10%b-ht	33	74	44	126
h-10%b-ht	32	75	43	132
h-10%b-ht	34	78	44	130
h-2%b-ht-CaCO ₃	21	29	70	42
h-2%b-ht-CaCO ₃	23	34	68	47
h-5%b-ht-CaCO ₃	37	56	66	52
h-5%b-ht-CaCO ₃	38	60	64	57
h-5%b-ht-CaCO ₃	39	60	66	52
h-10%b-ht-CaCO ₃	40	65	61	63
h-10%b-ht-CaCO ₃	42	71	59	68
h-10%b-ht-CaCO ₃	44	74	60	67
h-2% <i>m</i>	35	71	49	102
h-2% <i>m</i>	34	64	53	89
h-2% <i>m</i>	33	66	50	100
h-5% <i>m</i>	39	92	42	135
h-5% <i>m</i>	39	93	42	139
h-5% <i>m</i>	39	86	45	121
h-10% <i>m</i>	43	120	36	176
h-10% <i>m</i>	42	118	36	178
h-10% <i>m</i>	44	120	36	176

CaCO ₃	53	85	62	60
CaCO ₃	57	99	57	74
CaCO ₃	54	88	61	64
b	58	137	42	136
b	62	138	45	123
b	64	134	47	111

B11. A szántóföldi minták leiszapolható részének és a belőlük számolt faktorok mérés eredményei

minta neve	Li% víz	Li% Na pirofoszfát	Kacsinszki	Vageler
szántóföldi 2004 kontrol	32	56	58	74
	31	53	59	70
	32	57	57	76
szántóföldi 2004 kezelt	34	62	56	79
	33	58	56	78
	33	56	59	71
szántóföldi 2006 kontroll	32	58	55	81
	32	59	53	88
	32	61	52	93
szántóföldi 2006 kezelt	32	59	53	87
	33	64	52	94
	31	63	50	100

B12. A laboratóriumi modell minták Bingham – féle folyáshatár értékei és a folyásgörbék kezdeti maximumainak eredményei.

	Bingham - féle folyáshatár (Pa)	Folyásgörbe kezdeti maximuma (Pa)
Homok	0	0
	0	0
	0	0
Homok + CaCO ₃	0	4520
	0,0358	6844
	8,131	3775
Homok + bentonit 2%	0	5091
	0	5107
	0	5847
Homok + bentonit 2% + CaCO ₃	0,1973	6430
	0	6101
	0,4563	6157
Homok + bentonit 5%	0	5308
	11,33	5362
	0	5296
Homok + bentonit 5% + CaCO ₃	0	9378
	0	9103
	0,2113	9526
Homok + bentonit 10%	40,11	10160
	0	9244
	0,4336	7413
Homok + bentonit 10% + CaCO ₃	27,89	10790
	5,025	10610
	12,06	11670

homok + bentonit 2% + hígtrágya	Nem ismételt mérés	Nem ismételt mérés
Homok + bentonit 2% + hígtrágya + CaCO ₃	929	9303
	1124	8221
	1310	9843
Homok + bentonit 5% + hígtrágya	Nem ismételt mérés	Nem ismételt mérés
Homok + bentonit 5% + hígtrágya + CaCO ₃	1424	9006
	1528	10060
	1278	9079
Homok + bentonit 10% + hígtrágya	Nem ismételt mérés	Nem ismételt mérés
Homok + bentonit 10% + hígtrágya + CaCO ₃	704,6	7076
	1452	8589
	1796	9123
Homok + montmorillonit 2%	Nem ismételt mérés	Nem ismételt mérés
Homok + montmorillonit 5%	Nem ismételt mérés	Nem ismételt mérés
Homok + montmorillonit 10%	Nem ismételt mérés	Nem ismételt mérés

B13. A szántóföldi minták Bingham – féle folyáshatár értékei és a folyásgörbék kezdeti maximumainak eredményei.

minta neve	Bingham - féle folyáshatár tB (Pa)	Folyásgörbe kezdeti maximuma tinimax (Pa)
szántóföldi 2004 kontrol	162,20	6548,00
szántóföldi 2004 kontrol	163,90	7565,00
szántóföldi 2004 kezelt	224,10	10320,
szántóföldi 2004 kezelt	258,80	11690
szántóföldi 2006 kontrol	37,96	7104,00
szántóföldi 2006 kontrol	124,90	7581
szántóföldi 2006 kezelt	141,60	6548
szántóföldi 2006 kezelt	166,20	11690

B14. A szántóföldi minták pF 0, pF 2,5 és térfogattömeg eredményei.

Minta neve	pF 0 (tf%)	pF 2,5 (tf%)	Tt (g/cm3)
Kezelt 0-20	45,83	8,7	1,4354
Kezelt 0-20	47,29	9,5	1,3351
Kezelt 0-20	44,73	10,9	1,4834
Kezelt 20-40	43,68	9,3	1,5626
Kezelt 20-40	43,05	8,5	1,5684
Kezelt 20-40	44,95	8,3	1,447
Kezelt 40-60	42,34	8,2	1,6128
Kezelt 40-60	41,59	8	1,5856
Kezelt 40-60	43,4	9,6	1,5935
Kontroll 0-20	46,77	9,1	1,4954
Kontroll 0-20	48,02	9	1,3771
Kontroll 0-20	48,71	9,3	1,5178
Kontroll 20-40	40,03	8,3	1,5919
Kontroll 20-40	41	8,4	1,6084
Kontroll 20-40	41,78	8,4	1,5878
Kontroll 40-60	42,43	9	1,5591
Kontroll 40-60	42,69	7,5	1,5246
Kontroll 40-60	40,6	10,9	1,5326

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Sokan vannak, akikre a disszertáció elkészítése során bizton számíthattam.

Köszönettel tartozom Michéli Erika Professzorasszonynak a témavezetésben nyújtott segítségért, útmutató tanácsokért.

Köszönöm Tombácz Etelka Professzorasszony segítségét, aki munkám során végig nélkülözhetetlen segítségemre volt.

Külön köszönettel tartozom Stefanovits Pál Akadémikus Úrnak, aki munkám kezdete óta tanácsaival és a rendelkezésére álló hatalmas szakirodalom tárral segítette munkámat.

A laboratóriumi mérések során nyújtott kimagasló segítségért köszönet illeti Büttner Sarolta laborvezetőt, Fuchs Márta, Csibi Melinda, Hegymegi Péter, Gál Anita, Waltner István, Láng Vince és Gergely Ildikó munkatársaimat, diáktársaimat. Szegeden a reológiai mérések során nélkülözhetetlen segítségemre volt Czibulya Zsuzsanna PhD hallgató.

Az eredmények statisztikai értékelésében nyújtott segítségért Dr. Czinkota Imre és Dr. Tolner László docens uraknak kell köszönetet mondanom.

Külön szeretnék köszönetet mondani Makádi Mariannának és Tomócsik Attilának Nyíregyházán és Kisvárdán nyújtott segítségükért.

Köszönettel tartozom bírálóimnak Dr. Cserni Imrének, Dr. Fekete Józsefnek és Dr. Makó Andrásnak hogy a dolgozat bírálata során felhívták figyelmemet hibáimra.

Köszönöm az Oktatási Minisztérium Deák Ferenc Ösztöndíj kuratóriumának támogatását.

Végül szeretném megköszönni családomnak és barátaimnak a támogatásukat.