

DOKTORI (Ph.D) ÉRTEKEZÉS

TALAJOK TÖMÖRÖDÖTTSÉGI ÁLLAPOTÁNAK JELLEMZÉSE PENETROMÉTERES VIZSGÁLATOKKAL

Készítette:

SZÖLLŐSI ISTVÁN

**Debrecen
2003.**

DEBRECENI EGYETEM
Agrártudományi Centrum
Mezőgazdaságtudományi Kar
Földműveléstan és Területfejlesztési Tanszék

MULTIDISZCIPLINÁRIS AGRÁRTUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető:

Prof. dr. Nagy János

MTA doktora

Témavezetők:

Prof. dr. Nagy János

MTA doktora

Stefanovits Pál

Prof. emeritus, MTA rendes tagja

**TALAJOK TÖMÖRÖDÖTTSÉGI ÁLLAPOTÁNAK JELLEMZÉSE
PENETROMÉTERES VIZSGÁLATOKKAL**

Készítette:

Szőllősi István

Debrecen

2003.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS.....	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
2.1. A talajtömörödöttség meghatározása, definíciója	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
2.2. Talajtömörödöttség mérése a kölcsönhatások tükrében	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
2.2.1. A talaj tömörödöttségének mérése, térfogattömeg érték meghatározásával.	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
2.2.2. A talajtömörödöttség jellemzése pF görbék segítségével	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
2.2.3. A talajtömörödöttség meghatározása talajmechanikai ellenállás segítségével	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
2.3. A talajtömörödöttség kialakulása, kiváltó okai	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
2.3.1. Természeti tényezők.....	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
2.3.2. Az emberi tevékenység.....	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
2.3.2.1. A területen mozgó gépek járószerkezetének hatása	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
2.3.2.2. A talajművelő eszközök hatása	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
2.3.2.3. Talajművelési módok hatása a talajfizikai állapotára	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
2.4. A talajtömörödöttség káros hatásai	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
2.5. A talajtömörödöttség káros hatásainak megelőzése.	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
2.6. Irodalom összegzése.....	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
3. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
3.1. A vizsgálati területek bemutatása	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
3.1.1. A „nyíltszíni mérőrendszer” bemutatása.....	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
3.1.2. A művelési rendszerek talajtömörödöttségre gyakorolt hatásának vizsgálati helyszíne.....	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
3.1.3. Westsik-féle vetésforgó bemutatása	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
3.2. A kutatáshoz használt vizsgálati módszerek, eljárások és eszközök	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
3.2.1. A talajmechanikai ellenállás és nedvesség mérési módszere és eljárása	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
3.2.2. A talaj térfogattömegének mérési módszere és eljárása	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
3.2.3. A talajmechanikai ellenállás és nedvesség mérési módszere és eljárása a "nyíltszíni mérőrendszerben"	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
3.2.4. A művelési rendszerek talajtömörödöttségére gyakorolt hatásának vizsgálata.....	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
3.2.5. Talajállapotok vizsgálata a homokjavító vetésforgókban	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
3.2.6. Vizsgálati adatstruktúra és kiértékelési algoritmus	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
4. VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
4.1. A talajmechanikai ellenállás és nedvesség térfogattömeg szerinti vizsgálata	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
4.2. Kiértékelési algoritmus a talajmechanikai ellenállás vizsgálati értékeinek elemzéséhez	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
4.3. Művelési rendszerek hatása talaj tömörödöttségére	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
4.3.1. A művelési rendszerek és a tömörödöttség összefüggései humuszos homoktalajon.....	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
4.3.1.1. Művelési rendszerek és a talaj tömörödöttsége közötti összefüggés a tenyészdő kezdeti szakaszában.....	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
4.3.1.2. Művelési rendszerek és a talaj tömörödöttsége közötti összefüggés a tenyészdő középső szakaszában	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
4.3.1.3. Művelési rendszerek és a talaj tömörödöttsége közötti összefüggés a tenyészdő végső szakaszában.....	Hiba! A könyvjelző nem létezik.

4.3.1.4. A talaj tömörödöttségének változása a teljes tenyészidő alatt	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
4.3.2. A művelési rendszerek és a tömörödöttség összefüggései réti csernozjom talajon	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
4.3.2.1. Művelési rendszerek és a talaj tömörödöttsége közötti összefüggés a tenyészidő kezdeti szakaszában	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
4.3.2.2. Művelési rendszerek és a talaj tömörödöttsége közötti összefüggés a tenyészidő középső szakaszában	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
4.3.2.3. Művelési rendszerek és a talaj tömörödöttsége közötti összefüggés a tenyészidő végső szakaszában	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
4.3.2.4. A talaj tömörödöttségének változása a teljes tenyészidő alatt	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
4.3.3. Művelési rendszerek és a tömörödöttség összefüggései agyagos réti talajon	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
4.3.3.1. Művelési rendszerek és a talaj tömörödöttsége közötti összefüggés a tenyészidő kezdeti szakaszában	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
4.3.3.2. Művelési rendszerek és a talaj tömörödöttsége közötti összefüggés a tenyészidő középső szakaszában	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
4.3.3.3. Művelési rendszerek és a talaj tömörödöttsége közötti összefüggés a tenyészidő végső szakaszában	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
4.3.3.4. A talaj tömörödöttségének változása a teljes tenyészidő alatt	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
4.4. Talajállapot vizsgálatok a homokjavító vetésforgóban	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
6. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
6.1. Módszertani eredmények	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
6.2. Számszerűsített eredmények, összefüggések	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
7. ÖSSZEFOGLALÁS	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
8. IRODALOMJEGYZÉK	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.
MELLÉKLET	HIBA! A KÖNYVJELZŐ NEM LÉTEZIK.

BEVEZETÉS

A fenntartható fejlődés egyik alapeleme Magyarországon legfontosabb természeti erőforrásunkat képező talajkészletünk ésszerű hasznosítása, védelme, megóvása, sokoldalú funkcióképességének fenntartása (VÁRALLYAY, 1993).

A talajt fenyegető degradációs folyamatok közül világszerte az egyik legelterjedtebb, legnagyobb károkat okozó és legnehezebben kivédhető a talaj fizikai degradációja, ezen belül a talajszerkezet leromlása és a tömörödése (KUIPERS, 1987; STEFANOVITS, 1975; TAYLOR, 1987; UNEP-FAO, 1983). Az UNEP kezdeményezésére a nyolcvanas évek végén nemzetközi projekt indult az emberi tevékenység okozta talajdegradációs folyamatok felmérésére. A felmérés eredménye egyértelműen bizonyította, hogy a talaj fizikai degradációja, és ezek legfontosabbika a talajtömörödés napjainkra világméretű problémává vált (OLDEMAN et al., 1990).

A talajtömörödés kialakulása és a talajtömörödés hatására bekövetkező változások többnyire bonyolult kölcsönhatásokkal jellemezhetők.

A tömörödöttség kialakulása elsősorban a talaj fizikai rendszerében végbemenő változás, így annak jellemzése a talajfizikai mechanikai rendszerének jól megválasztott paramétereivel végezhető el. A jellemzők sorából külön kiemelendő a talaj mechanikai ellenállásának és nedvességtartalmának ugyanabban a talajfizikai térben és egy időben történő vizsgálata SINÓROS (1992). A talajtömörödöttség vizsgálata során egyik leggyakrabban alkalmazott módszer a penetrométeres talajellenállás-mérés. Ennek hátránya, hogy a nedvességállapot ismerete nélkül önmagában a penetrációs ellenállás nem jellemzi kellően a talaj tömörödöttségét. KOCSIS (1992) felhívja a figyelmet arra, hogy a különböző nedvességtartalomnál kapott talajellenállás-értékek nem vethetők össze. Több szerző a nedvességkülönbség talajellenállás befolyásoló hatásának kiküszöbölése végett, közel szántóföldi vízkapacitásig feltöltött nedvességtartalomnál hasonlította össze a művelési módok talajtömörítő hatását (DOUGLAS et al., 1986), (HILL et al., 1985). A különböző talajművelési módok összehasonlítása azonban igényli a vizsgált talajrétegek azonos nedvességi állapotának előállítását, amely időigényes és költséges.

Az újabb hazai vizsgálatok szerint erőteljes törekvés irányul arra, hogy a talaj mechanikai ellenállásának összehasonlítása azonos talajnedvességi tartományban történjen (BIRKÁS, 2000; GYURICZA, 2000; RÁTONYI, 1999; SCHMIDT, 1998; SINÓROS, 1992).

Nyíregyházi Főiskola Környezettechnikai Kutató Csoportja évtizedek óta foglalkozik a talaj fizikai-mechanikai anyagrendszerének és a talajművelő aggregát kölcsönhatásának vizsgálatával. A kutatócsoporton belül végzett munkám jelenti alapját Ph.D-doktori értekezésemnek. Célkitűzésem arra irányul, hogy a kutató csoporton belül kifejlesztett és alkalmazott (SINÓROS-KAZÓ-SZŐLLŐSI, 1992) mérési módszerekkel, eljárásokkal és eddig nem alkalmazott új mérési feltételekkel új módszert adjak a talaj tömörödöttségi állapotának jellemzésére, fő kölcsönhatásainak meghatározására.

Céljaim teljesüléséhez egyedi sajátosságot és nélkülözhetetlen segítséget jelentett a már említett kutató csoport működési körében a Sinóros-Szabó Botond Professzor vezetésével kialakított nyíltszíni mérőrendszer, melybe a termőhelyi körülmények között vizsgált talajok eredeti szerkezetbe kerültek 1 m mélységbe behelyezésre, s mintegy 6 éve behatásoktól mentesen többek között kísérleteimnek is helyet adott.

Munkám során fontos szerepet kaptak a termőhelyi talajvizsgálatok, s nem maradhatott ki a növénytermesztés talajtömörödöttségre gyakorolt hatásainak elemzése sem. Ez utóbbira különlegesen kedvező lehetőségként a Debreceni Egyetem Nyíregyházi Kutatóintézetében több mint 73 éve folyó Westsik-féle homokjavító vetésforgó tartamkísérletek teremtettek háttérrel.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

A talajtömörödöttség kérdésköre ok és okozati összefüggésben igen sok tényezőt érint, illetve foglal magába. Ezek között a természeti, talajtani tényezők éppen úgy szerepelnek, mint a termelési, termelési-technikai és technológiai feladatok, talajvédelmi tevékenységek.

A talaj tömörödöttsége egy folyamat eredménye, melyet ok okozati rendszerben megvalósuló komplex kölcsönhatások tartanak fenn, változtatnak meg, alakítanak ki. A technikai-technológiai fejlődés a talaj tömörödés természetes körülmények közötti megváltozását, felgyorsulását említett kölcsönhatások szempontjából káros értékek kialakulását eredményezte. Az e területtel foglalkozó kutatók hosszú idő óta permanens törekvése a talajt érintő kölcsönhatások szempontjából káros talajtömörödés megelőzése a kedvező tömörödöttséget jelentő úgynevezett kultúrállapot fenntartása.

2.1. A talajtömörödöttség meghatározása, definíciója

A talajtömörödöttség kialakulásából, megjelenéséből adódóan definíciójának meghatározása nem egyszerű feladat. Ezért ismerni kell a tömörödöttség mértékét, helyét, de mindennek előtt az okát és a hatását.

A különböző tényezőket figyelembe véve már több meghatározás történt.

Magát a folyamatot, ami során a tömörödöttség kialakul HAKANSSON és VOORHEES (1997) a következők szerint fogalmazta meg: A tömörödés azon folyamatokra értendő, amely során a talaj háromfázisú rendszeréből mechanikai stressz hatására a levegő kiszorul, és térfogata csökken. BIRKÁS et al. (1993) megfogalmazásában „a talaj tömörödése a természetes, vagy mesterséges úton kialakult szerkezet deformációja, amely együtt jár a porozitás, és az áteresztőképesség (levegő, hő, víz) csökkenésével, a talaj ellenállásának növekedésével”.

Egyes szerzők törekedtek a káros tömörödöttség mértékének számszerű megadására, amelyek konkrét méréseken alapulnak. A szakirodalom szerint ma károsan tömörödöttnek minősül a talaj, ha a termőrétegben a térfogattömeg érték meghaladja az $1,5 \text{ g/cm}^3$ -t, illetve ha a talajellenállás a 3 MPa-t. (EITZINGER, 1991; OUWERKERK és SOANE, 1994; BIRKÁS, 1995).

2.2. Talajtömörödöttség mérése a kölcsönhatások tükrében

A talajtömörödés hatására bekövetkező változásokat a talaj fizikai-mechanikai tulajdonságainak és állapotának vizsgálatával, illetve azok értékelésével jól nyomon lehet követni.

A vizsgálatok főként a talaj mechanikai összetételére, szerkezetére, térfogattömegére, pórusviszonyaira, ellenállására, nedvességtartalmára, valamint vízvezető képességére terjednek ki. Ezek helyszíni vagy laboratóriumi vizsgálatokkal állapíthatók meg.

FREITAG (1971) összegző értékelése szerint a talaj térfogattömege, összporozitása, pórusok méret szerinti megoszlása, ellenállása, vízvezető képessége, légjárhatósága alkalmas a talaj tömörödöttségének megállapítására.

2.2.1. A talaj tömörödöttségének mérése, térfogattömeg érték meghatározásával

A tömörödés mértékének meghatározására kezdetben a térfogattömeg értékeket használták. A bolygatatlan szerkezetű talajmintákat a kívánt szintekből zárható

fedelekkkel ellátott 100 cm³-es mintavevő patronok segítségével vehetjük meg, labormérések és számítások után kapjuk meg a térfogattömeg értékeket (DI GLÉRIA J. et al., 1956; BÚZÁS I., 1993). A tömörödés mértékének jellemzése során azonban figyelembe kell venni a talajok fizikai féleségét, agyagtartalmát.

BENECKE (1966) és RENGGER (1970) szerint a tömörödési térfogattömeg az alábbi képletekkel számolható:

$$PD = BD + 0,009 C$$

ahol:

- PD = tömörödési térfogattömeg érték (g/cm³)
- BD = térfogattömeg (g/cm³)
- C = a talaj agyagtartalma (%)

A patronos mintavételek előnye a viszonylagos pontosság és a kis beruházási költség, hátránya a szubjektív mintavétel. Az utóbbi időben terjednek a különböző sugárzásokon alapuló térfogattömeg mérő műszerek. Azonban beruházási költségei lényegesen magasabbak. Ezek közül a legpontosabbak a gammasugárzásos műszerek. E műszerekkel a talajban egymástól adott távolságra fúrt furatokban különböző mélységszintekben egymással szemben elhelyezett sugárforrás, illetve detektor segítségével kb. 2 cm-es szelvényfokozatonként, viszonylag gyors és azonnali értékeléssel állapítható meg a talajok térfogattömege (JÓRI, 1998).

Hazánkban többek között BLASKÓ et al. (1996) használtak sugárzáson alapuló térfogattömeg meghatározó módszert vizsgálataik során.

2.2.2. A talajtömörödöttség jellemzése pF görbék segítségével

A pF érték megadja a talajban lévő folyadék fázisban lévő víz elszívásához szükséges szívóerő-potenciál nagyságát vízoszlop centiméterben. Az értéket a vízoszlop cm 10-es alapú logaritmusként adjuk meg. Tehát $pF1 = 10^1 = 10$ cm vízoszlop.

A talaj pórusaiban lévő víz eltérő mértékben kötött a pórusok méretétől, mennyiségétől és arányától függően. Ha a vizet különböző erővel távolítjuk el a talajból, a nedvességet megkötő pórusok méret szerinti eloszlása meghatározható. (VÁRALLYAY et al., 1979).

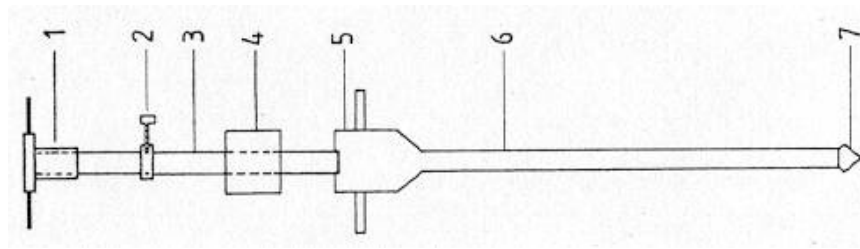
Tömörödés következtében megváltozik a pórusok méret szerinti megoszlása. A pF-görbe meghatározásakor a vályog fizikai féleségű talaj tömörödött rétegéből vett talajminta alacsony szívóerővel szemben kevesebb vizet, nagyobb szívóerővel szemben több vizet tart vissza. Ami a makropórusok részarányának csökkenését és a kapilláris pórusok mennyiségének növekedését mutatja (CORNEY et al., 1954; WARKENTIN, 1971).

Tömörödött talajban a makropórusok aránya 20 % alá csökken (CAMPBELL, 1994; GYURICZA, 2000).

2.2.3. A talajtömörödöttség meghatározása talajmechanikai ellenállás segítségével

A talajtömörödöttséget közvetlenül és legcélszerűbben a helyszínen talajmechanikai ellenállás (röviden: talajellenállás) méréssel lehet megállapítani. Ehhez többféle műszert alkalmaznak. Régebben az ejtőtömeges penetrométerrel történő vizsgálatokat használták, külföldön a Bush-féle, valamint Eijkelkamp cég által gyártott penetrométer terjedt el. Hazánkban a 3T SYSTEM elektronikus rétegingdikátort, illetve a szarvasi Penetronik nyomószondát használják.

Az ejtőtömeges penetrométer



1- körbeforgatható írszerkezet, 2- ütközőkarika, 3- vezetősár, 4- 1 kg-os ejtőtömeg, 5- fémtuskó fogóval, 6- szondaszár, 7- szondacsúcs

1. ábra A Dvoracsek-féle penetrométer szondájának vázlata

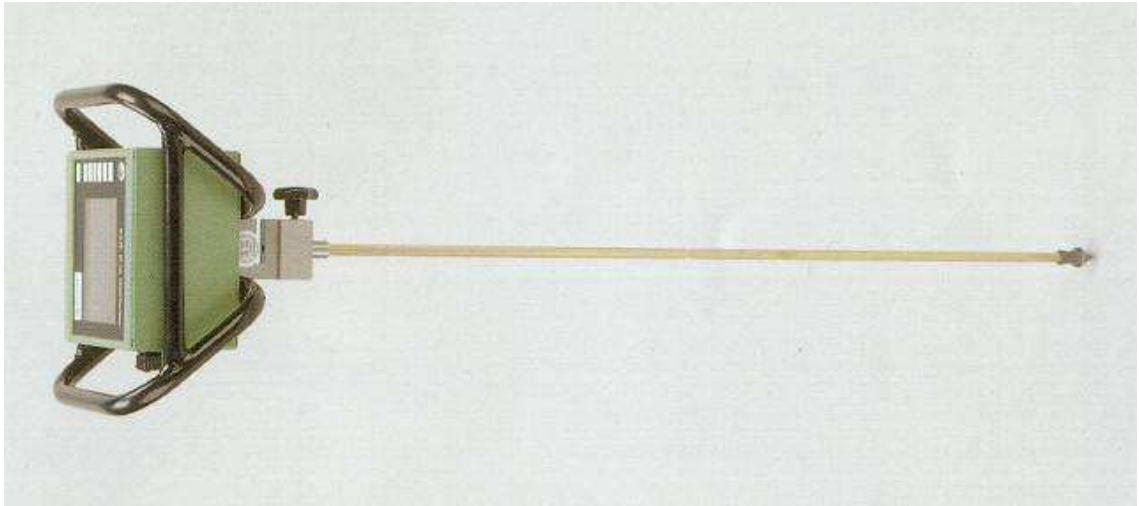
A Dvoracsek-féle ejtőtömeges penetrométer a talajba hatolási ellenállást mérő egyszerű kézi berendezés (1. ábra). Kúpos csúccsal ellátott szárból, egy ezen elhelyezett 10, 20 és 50 cm-ről vezetősínen ütközésre leeső 1 kg-os tömegeből, valamint egy másik, a közös talpra rögzített szárból áll, amelyen papírlap található.

A mérés során a szondaszárat függőlegesen a talaj fölé helyezzük és a talaj minőségétől függően (általában az) első 10 cm-es magasságról a tömeget az ütközőre ejtjük. Az erőhatás következtében a szonda a talajba fúródik és a behatolás következtében történő elmozdulást a felső részén elhelyezett írónnal a másik – mozdulatlan – száron lévő papírra húzott vonallal jelezzük. A vizsgált talajréteg átlagos ellenállása az adott rétegre eső ütésszám alapján segéd táblázatból kereshető ki.

A műszer a talajellenállást 100 cm mélységig méri 2,5 – 5 cm-es közből N/cm^2 -ben. A mérés értékeléséhez a talaj nedvességtartalmának ismerete is szükséges. A talajnedvesség mérése külön mintából, laboratóriumban történik (DVORACSEK, 1968).

Eijkelkamp Penetrologger

A talajellenállás meghatározására az Eijkelkamp cég kézzel lenyomható penetrométert fejlesztett ki. Az ellenállást elektromos úton méri. Az adatokat a képernyőn megjeleníti, illetve számítógépbe is átvihető. Az egyenletes lenyomási sebességre hangjelzés figyelmeztet (2. ábra).



2. ábra Eijkelkamp Penetrologger

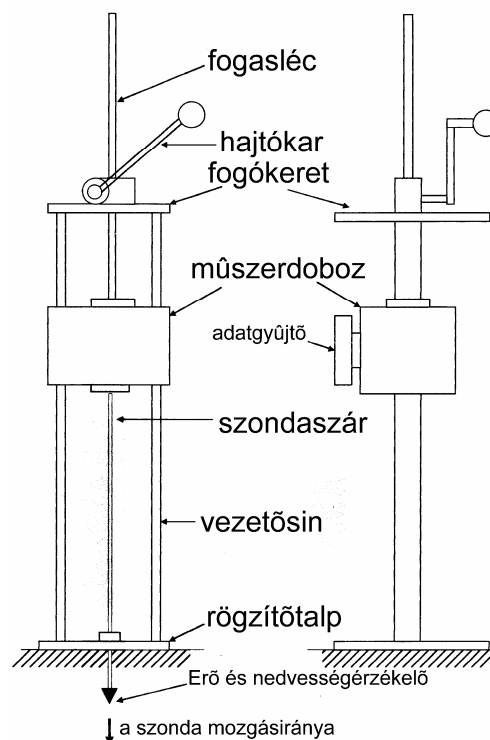
Penetronik talajvizsgáló nyomószonda

A „PENETRONIK” nyomószonda kézi működtetésű eszköz, amelynek segítségével regisztrálni lehet a talaj mechanikai ellenállását és a termőréteg nedvességtartalmát a mélység függvényében (2 cm-es lépésközönként). Elől- és oldalnézeti képe az 3. ábrán látható. A váz tartószerkezete két függőleges rúdból épül fel, amelyek az alsó- és felső síklaphoz rögzítettek. A fogaslécés meghajtó mechanizmus a felső síklaphoz rögzített és egy forgatókar segítségével kézzel mozgatható. A mechanizmusnak az a része, amely a tényleges mozgást végzi, az erőérzékelőhöz kapcsolódik.

A műszerdobozt a két függőleges rúd vezeti lefelé, illetve felfelé, biztosítva ezzel az egyenes vonalú mozgást. Ehhez kapcsolódik alulról a szondaszár, amely egy kúpos erő és nedvességérzékelő csúcsban végződik. A műszerdoboz tartalmazza az erőérzékelőt, a nedvesség-mérő elektronikát és az optoelektronikus útjeladót. Ezek az erővel, a talajnedvességgel és a behatolás mélységével arányos villamos jelet képeznek. A doboz előlapján található a mérést irányító kapcsoló és beállító gombok. A mérés során a szonda talajba juttatása fogaslécés nyomószerezettel történik. A szondaszár talajba hatolása közben az erőmérő cella a talaj ellenállásával arányos villamos jelet ad. Miközben a szondaszárat benyomjuk a talajba, a szondacsúcs a talajnedvességet érzékeli és azzal arányos villamos jelet képez. A szonda mozgása közben az optoelektronikus jeladó kimenete a behatolási mélységgel arányos villamos jelet állít elő.

A készülék adatgyűjtő egysége lehetővé teszi a mérési eredmények közvetlen leolvasását, a sorozat-mérést és az eredmények tárolását. Erre a feladatra a PSION ORGANISTER kézi számítógép és a DIGITRON SF-10 mérés-adatgyűjtő alkalmazható. Az erő-, a nedvesség- és a mélységértékek tárolása másodpercenként történik. Az adatok további feldolgozása áttöltés után számítógépen oldható meg. A mérés értékelése programmal történik így a mindenkori felhasználói igényeknek megfelelően módosítható.

A műszer a talajellenállást 0-10 MPa-ig, a talajnedvességet 0-50 tömeg %-ig méri 80 cm-es mélységig (DARÓCZI és LELKES, 1999).



3. ábra Penetronik talajvizsgáló

„3T SYSTEM” Termőhelyi Talajteszter

A „3T SYSTEM” (Termőhelyi Talaj Teszter) kifejlesztése és alkalmazása több évtizedes kutatómunka eredménye. A mérőműszer létrehozása Sinóros-Szabó Botond, Kazó Béla és Szöllősi Sándor nevéhez kapcsolódik (4. ábra).

A mérőberendezés mechanikus és digitális elektronikai elemek felhasználásával lett kialakítva. Három különböző kivitelben készül 0-40, 0-60, illetve 0-95 cm mérésére alkalmas változatban. 1 cm-es talajrétegenként folyamatosan összetartozóan méri a talaj nedvességtartalmát és penetrációs ellenállását.

Számtani középértékeit kiszámítva, mind az 1 cm-enként mért értékeket, mind pedig a vizsgálati mélység tartományára vonatkozó középértékeket display-n megjeleníti. A talaj nedvességtartalmát a szántóföldi vízkapacitás %-ban kifejezett részarányaként térfogat %-ban, a penetrációs ellenállását kilopascalban (kPa) méri.

A talajnedvesség és penetrációs ellenállás mérése mellett a műszer megadja a művelés energiaigényét. Az energiaigény megadásának lehetőségét az teremtette meg, hogy a kutatócsoport a hazai talajféleségeken azok különböző fizikai állapota mellett mérőműszeres vizsgálatokkal meghatározta a jellemző talajművelő gépcsoportok művelésenergia igényét.

Az általunk felállított művelésenergetikai kategóriarendszer lehetővé teszi a talaj fizikai – művelésenergetikai kölcsönhatásának számszerű minősítését, összehasonlító értékelését és szántóföldi ellenőrzését (SINÓROS-SZABÓ és SZÖLLŐSI, 1999).



4. ábra „3T SYSTEM” Termőhelyi Talaj Teszter

A penetrométerrel mért talajellenállás az egyik leggyakrabban alkalmazott módszer a talaj tömörödöttségének, a tömörödött rétegek mélységbeli elhelyezkedésének, valamint a talajfizikai állapot térbeli és időbeli változásának vizsgálatára (KOOLEN et al., 1983). Számos kutató vizsgálatai során a penetrométerrel mért talajellenállást lényegesen érzékenyebb indikátornak találta, mint a térfogattömeget a talajtömörödés kifejezésére

(PIDEON et al., 1977; BAUDER et al., 1981; RADCLIFFE, 1989; SANCHEZ, 1990). Hasonló megállapításra jutott VOORHEES et al. (1978), mivel traktorkerék tömörítő hatásának vizsgálata során a talaj térfogattömege 20%-kal nőtt, a penetrációs ellenállása viszont 400%-kal lett nagyobb. Ezt támasztják alá HILL et al., (1985) és CASSEL et al., (1995) hagyományos és talajkímélő művelési módoknál végzett mérései is. A talajellenállás értékek esetében szignifikáns különbségeket mutattak ki a művelési módok között, míg a talaj térfogattömegében nem volt megbízható különbség. Ha az agrotechnikai beavatkozások hatásának vizsgálata során a talajellenállásból a talaj tömörödöttségére kívánunk következtetni, a nedvességtartalmának ismerete nélkülözhetetlen a talajellenállás értékek értelmezéséhez. A különböző nedvességtartalomnál kapott talajellenállás értékek nem vethetők össze (KOCSIS et al., 1992). Éppen ezért több szerző a nedvességkülönbség talajellenállás befolyásoló hatásának kiküszöbölése végett, közel szántóföldi vízkapacitásig feltöltött nedvességtartalomnál hasonlította össze a művelési módok talajtömörítő hatását (DOUGLAS et al., 1986), (HILL et al., 1985). A módszernek azonban több hátránya van. A különböző kezelésű talajok összehasonlítható szintjeit nehéz és időigényes azonos nedvességtartalomra feltölteni. A szántóföldi vízkapacitás közeli nedvességtartalomnál a kezelések közti talajellenállás különbségek kisebbek lesznek, mint szárazabb talaj esetében, ezért nehezebben mutathatók ki. Más szerzők a probléma megoldására a különböző nedvességtartalomnál kapott ellenállásértékek azonos nedvességtartalomra történő korrigálását javasolják (KITUR et al., 1993; KOCSIS et al., 1992). Kocsis (1992) véleménye szerint több időpontban meg kell határozni a talajnedvesség és ellenállás hiperbola függvényekkel leírható kapcsolatának egy-egy szakaszát, és a mért adatokból felrajzolt görbéről az azonos nedvesség állapotánál leolvasott penetrációs adatokat kell összehasonlítani. A talajellenállás-nedvesség függvénykapcsolatait a térfogattömeg-értékek jelentősen befolyásolják. Hazánkban Rátonyi (1999) végzett középkötött vályogtalajon szántóföldi körülmények között talajellenállás-nedvesség - térfogattömeg kapcsolatának leírására vizsgálatokat. Mérései alapján 8 – 22 tömeg %-os nedvességtartalom tartományban a három tényező közötti függvénykapcsolatot többszörös lineáris regressziós egyenlettel írta le. Az általam vizsgált talajoknál a kezelések összehasonlítására a térfogattömeget is figyelembe vevő újszerű módszert dolgoztam ki, melynek segítségével a különböző nedvességtartalomnál kapott talajellenállás értéket azonos nedvességtartalom mellé számítom át. A korrigáláshoz szükséges összefüggés meghatározását a „nyíltszíni

mérőrendszer” segítségével végzett nagy számú és teljes tenyészidőszakra kiterjedő mérésorozat tette lehetővé.

2.3. A talajtömörödöttség kialakulása, kiváltó okai

A talajt fenyegető degradációs folyamatok közül világszerte az egyik legelterjedtebb legnagyobb károkat okozó és legnehezebben kivédhető a talajok fizikai degradációja, ezen belül is a talajszerkezet leromlása és a tömörödése (TAYLOR, 1987; UNEP-FAO, 1983). Az UNEP kezdeményezésére nemzetközi projekt indult a talajdegradációs folyamatok felmérésére. OLDEMAN et al., (1990) adatai alapján világviszonylatban gyenge talajtömörödés tapasztalható 34,9 millió ha-on, közepes 22,1 millió ha-on, erős 11,3 millió ha-on. Földrészenkénti megoszlás Afrika 18,2 millió ha, Dél Amerika 4,0 millió ha, Észak és Közép Amerika 1,0 millió ha, Ázsia 9,8 millió ha, Ausztrália 2,3 millió ha, Európa 33,0 millió ha. Hazai kutatások illetve felmérések alapján természetes és mesterséges eredetű tömörödés 1992-ben Magyarország mezőgazdasági művelés alatti talajainak 21,9 %-ára, 1,4 millió ha-ra volt jellemző (FM, 1994; VÁRALLYAY, 1996). A Szent István Egyetem Földműveléstani Tanszék munkatársai 1976 óta az ország különböző termőhelyein rendszeresen végeznek talajvizsgálatokat, a talajban kialakult tömörség gyakoriságának, a tömör rétegek elhelyezkedésének felmérésére. Az általunk vizsgált 12000 ha 18%-án 18-22 cm-es mélységben, 16%-án 28-32 cm-es mélységben, 15%-án 40 cm mélység alatt mutattak ki tömör réteget. Több termőhelyen 2, illetve 3 tömörödött réteget is találtak. A vizsgált területnek csupán 9%-án nem fordult elő tömör réteg (BIRKÁS, 1996). A SINÓROS-SZABÓ (1996) által vizsgált réti, öntés réti, réti csernozjom és barna erdőtalajok 27%-nál a talaj tömörödése a felső 40-50 cm-es rétegegig, 26%-nál az 50 cm alatti rétegekre terjedt ki. A vizsgált talajtípusokon 0-15 cm mélységig 29-62%-os, 15-30 cm mélységig 55-84%-os ellenállás-növekedést tapasztalt. A talajok vízvezető-képessége 50-80%-kal, minimális levegőkapacitása 20-40%-kal csökkent. BIRKÁS (2000) felmérései szerint Magyarországon az utóbbi években (1989-1999 között) a művelési kultúra visszaesése miatt a közepesen és helyenként erősen tömörödött talajok aránya növekedett a legnagyobb mértékben.

A fentiek egyöntetűen arra utalnak, hogy a talajok tömörödése világprobléma. Gondot jelent a viszonylag fejletlen földművelési rendszerekben (Afrika, Ázsia), de talán még jelentősebb károkat okoz a modern nagyüzemi mezőgazdasági rendszerekben (Európa).

VÁRALLYAY és LESZTÁK (1989) az AGROTOPO adatbázis felhasználásával megszerkesztette a magyarországi talajok tömörödésével és szerkezetleromlásával szembeni érzékenységeinek 1:500000 méretarányú térképét. Ez alapján Magyarország talajainak 12,9%-a nem tekinthető érzékenynek fizikai degradációra, valamint tömörödöttségre.

VÁRALLYAY (1996) a talaj fizikai degradációjának okait és korlátozásainak lehetőségeit az alábbiak szerint foglalta össze.

1. táblázat

A talaj fizikai degradációjának okai és korlátozásának lehetőségei Forrás:

VÁRALLYAY, 1989

Fő okok		A korlátozás lehetőségei
Természeti tényezők	Emberi tevékenység	
Szerkezetromlás, tömörödés		
- Talajszerkezet-képző és stabilizáló anyagok hiánya: - szervesetlen és szerves kolloidok - cementáló anyagok - biológiai komponensek (gyökerek, mikrobiológiai és földigilisztá-tevékenység) - Természetes szerkezetromlás: - nagy intenzitású záporok - felszíni lefolyás, vízborítás - kémiai talajtulajdonságok (pl: szikesedés, stb.) következtében	- Gépesítés (nehéz gépek használata, összetett műveletek, „túlművelés”) - Nem megfelelő nedvesség-viszonyok mellett - Nem megfelelő talajnedvesség-szabályozás - öntözés (intenzitás, módszer) - drénezés - A talaj szervesanyag-forgalmának kedvezőtlen megváltozása (kémiai talajtulajdonságok; biológiai degradáció; nem megfelelő mértékű visszajuttatás a biológiai körforgalomba; szerves-trágyák hiánya)	- Megfelelő agrotechnika - talajművelés (időpont, nedvességállapot, pontosság, műveletek „minősége” és száma) ← technikai háttér - vetésszerkezet, vetésforgó - szervesanyag visszajuttatása a biológiai körforgalomba - öntözés (nedvességforgalom szabályozása) - Kémiai talajjavítás (savanyú és szikes talajok, homoktalajok, stb. javítása) - Talajkondicionálás
Szélsőséges nedvességforgalom		
- Éghajlati szélsőségek - túl sok vagy túl kevés csapadék - egyetlen tér- és időbeni eloszlás - Szélsőséges mechanikai össze-tétel - Gyenge talajszerkezet - Sekély termőréteg (szilárd kőzet, mészkőpad vaskőfok,	- Nem megfelelő - területhasználat - vízgyűjtő-használat - Nem megfelelő agrotechnika ↓ - szerkezetromlás - felszíni kéregképződés	Talajnedvesség-szabályozás - melioráció - a víz- és szélérózió csökkentése - talajjavítás (savanyú, szikes és homoktalajok, stb.) - mélylazítás - a talajszerkezet javítása és stabilizálása

cementált vagy tömörödött rétegek a talaj felszínén, illetve annak közelében) • Erős felszíni lefolyás - a területről → szárazság - a területre → túlnedvesedés, felszíni vízborítás	eketalpréteg	↓ a vízfelhasználás hatékonyságának javítása • Öntözés • Drénezés (felszíni és felszín alatti)
---	---------------------	---

BIRKÁS (1996/a) a talajtömörödés befolyásoló tényezőinek összefoglalását a következők szerint adta meg:

Éghajlati tényezők

- Nedvesség /szárazság
- Fagyás/olvadás
- talaj önlazulása
- Csapadék (mennyiség intenzitása) → ülepedés/pangás
- Evapotranszpiráció

Talajtényezők (kedvező/kedvezőtlen)

- | | |
|-----------------|-------------------------|
| • Talajszövet | • kicserélhető kationok |
| • Agyagásványok | • eredeti tömörödöttség |
| • Szervesanyag | • nedvességtartalom |
| • Szerkezet | • mezofauna |

Talajhasználat/gazdálkodás

- Növény
 - Növényi sorrend
- Kedvező/kedvezőtlen hatások:
- biológiai lazulás
 - járhatóság
 - művelhetőség
- öntözés → nedvességtartalom → tömörödöttségi hajlam növekedése
 - gépesítés
 - erőgép, munkagép tömege
 - járószerkezet
- művelőeszköz / művelőelem (porhanyító, deformáló, rögzítő, tömörítő, lazító, kenő, nyíró, sodró stb. hatások)
- talajon járás (kedvezőtlen hatások)
 - művelési rendszer (kedvező/kedvezőtlen)
 - menetszám
 - alapművelés (mélység, mód)
 - elmunkálás (mód, menet, hatékonyság)
 - jelleg:
 - hagyományos
 - talajvédő/csökkentett
 - művelés nélkül

A fentiekből látható, hogy a talajtömörödöttség kialakulása a kiváltó okai, azt befolyásoló tényezői között természeti, talajtani tényezők éppen úgy szerepelhetnek, mint emberi beavatkozások következményei.

2.3.1. Természeti tényezők

Bizonyos mértékű tömörödöttséget a talaj természetes állapotában is találunk, a talaj fekvése; minősége, tömege következményeként.

A talajképződés során a talajban lejátszódó folyamatok hatására, tömődött rétegek, szintek alakulnak ki, amelyek egyben a talajtípus sajátosságai is lehetnek. A talaj mélyebb rétegeiben a rétegek felett lévő talaj tömegének és nyomásának következtében is előállhat tömörödöttség. Ugyancsak tömörödöttség jelentkezik az álló vagy mozgó talajvíz hatására, a talajvíz mozgása következtében, különböző állandó vagy időszakos vízborítások következményeként.

A sok vagy nagy intenzitású csapadék és a párolgás növeli a talajok saját tömegéből következő ülepedést, ezáltal természetes körülmények közt is kialakulhatnak károsan tömörödött talajrétegek (BIRKÁS, 1996/a). A kialakult eketalpréteg is még tömörebbé válhat. Ha a nagyobb esőzések lemoszák a talajban lévő, szerkezet nélküli finom iszapot az alsóbb rétegekbe, a víz lefelé hatolása az eketalp rétegnél lelassul, ezzel együtt ez a réteg az iszapos agyagos réteg visszatartásával még tömörebbé válik (STEFANOVITS, 1975).

Talajtani okok alacsony szervesanyag-tartalom, a leromlott szerkezet, ugyanúgy, mint a nedvességtartalom növelik a tömörödéssre való hajlamot (BIRKÁS, 1996/b). Szabolcs és VÁRALLYAY (1979) szerint a természetes tömörödés leginkább a kevés szerves és szervesetlen kolloidokat tartalmazó talajokban, vagy genetikai szinteken fordul elő.

2.3.2. Az emberi tevékenység

Az emberi tevékenység által okozott tömörödés a szántóföldi munkák kezdetétől és főleg gépesítése óta folytonosan megoldandó feladat (SOANE és OUWERKERK, 1998).

A kultúrnövények okszerűtlen termesztése (vetésforgó elmaradása, monokultúrák termelése), a kedvezőtlen nedvességi állapotban történő művelés, növényvédő és betakarító gépek termőhelyen való mozgása a tömörödöttség megjelenését, fokozódását eredményezi. A MÉM Növényvédelmi és Agrokémiai központ felmérései alapján megállapítást nyert, hogy a gépi munkák hatására jelentkező tömörödés általában 30-50 cm mélységig terjed, de ennél mélyebbre is hatol.

Több száz reprezentatív jellegű vizsgálat adatai szerint: 47%-ban 40 cm felett, 27%-ban 40-50 cm között, 2%-ban 50 cm-nél mélyebben jelentkezett.

BIRKÁS (1993, 1995) összegzése alapján a tömörödés bekövetkezhet:

- „a talajon (elsősorban a nedves talajon) járáskor, melyet gépek tömege idéz elő.
- a nedves talaj művelésekor, melyet a művelő elemek kenése, gyúrása, nyomása idéz elő.
- **többször ugyanabban a mélységben végzett műveléskor a művelő elemek talajra gyakorolt ismételt nyomása következtében.”**

A tömörödés bármely típusa káros a talajra és növényre. Azonban a művelés hatására a rendszeresen művelt rétegben kialakult tömörödés, jóllehet számos kedvezőtlen kihatása van, a tömör réteg átmunkálásával megszüntethető (BIRKÁS, 2000). Ugyanakkor a nagy tengely-terhelésű gépekkel okozott altalaj tömörödés tartós veszélyt jelent a talaj termőképességére (KOOLEN, 1994). A nedves szántóföldön járó gépek legalább 30 cm mélységig tömörítenek, ha a tengelyterhelés eléri a 4 és legalább 50 cm-re, ha a terhelés eléri a 10 tonnát. Az ilyen nagy mélységre terjedő altalaj tömörödés különböző okok miatt tartósan altalajlazítással sem enyhíthető (HAKANSSON és VOORHEES, 1997).

2.3.2.1. A területen mozgó gépek járás szerkezetének hatása

A területen mozgó gépek járás szerkezetének talajra gyakorolt káros hatása alapvetően két okra vezethető vissza.

A gépek mozgatásához szükséges vonóerő kifejtéséhez súrlódásra, kapaszkodásra van szükség. A vonóerő kialakulásának velejárója a szlip, a kerékcsúszás, amelynek hatására a talaj deformálódik, de emellett a gumibroncsot is koptatja, és teljesítményvesztést okoz.

SINÓROS-SZABÓ (1992) szerint szlip a normális értéke 10-20 % között alakul, de nedves talajon a 100 %-ot is elérheti. A szlip növekedésével a talaj felső rétegében kialakult káros deformációk egyre erősebbé válnak. Ezért törekedni kell a szlip normál értéken tartására.

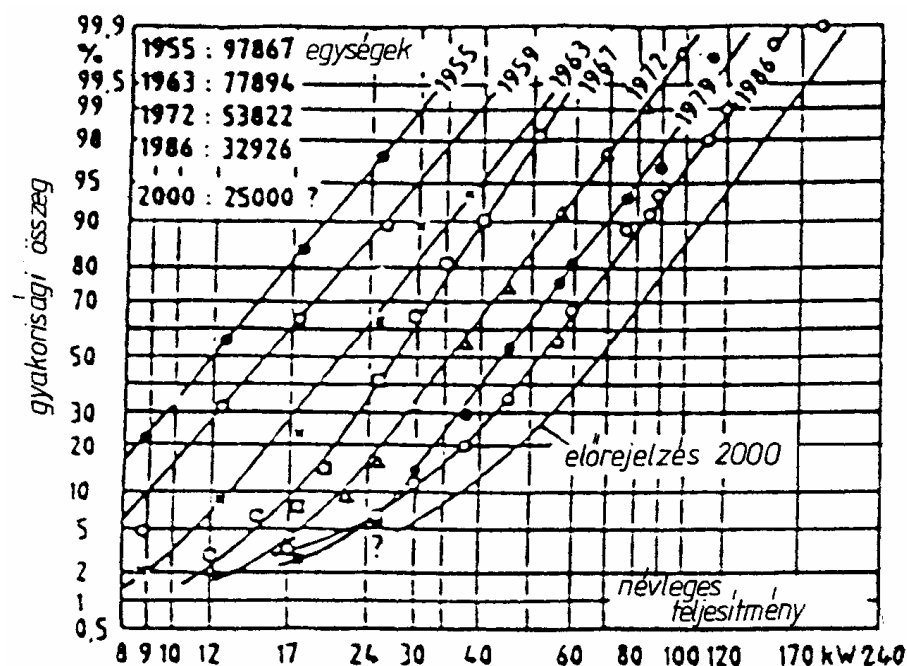
A másik káros hatás a járművek tömegéből adódik. A termés eredmények és táblaméretük növekedésével változnak a teljesítményigények is. Az egyre nagyobb teljesítményekre vonatkozó törekvés a nehezebb erőgépek és járművek felé vezetett. Az átlagos teljesítmény 15 kW-ról (20 LE) 1981-re 48 kW-ra, azaz 65 LE-re nőtt 1956 óta. A teljesítménytömeg arány 1956-ban 15 kW-os traktornál 95 kg/kW volt. Ez 30

kW-os traktornál 72 kg/kW lett. A traktorok a középértéket jelentő 1400 kg-ról (1956) 3300 kg-ra nehezedtek 1981-re.

A fejlődés menete jól követhető a 5. ábra alapján, ahol a traktorok darabszáma a névleges teljesítmény függvényében van feltüntetve. A folyamat során egyre nehezebbek a traktorok, amelyek egyre mélyebben tömörítik a talajt.

A traktor darabszámának megoszlása és a névleges teljesítmény alakulásától függően, a háború utáni években a tengelyterhelést 3 tonnára és a kéttengelyes traktorok össztömegét is 7 tonnára szabályozták (RÉNIUS – SÖHNE – REITER, 1988).

Napjainkra a tengelyterhelés elérte a 10 tonnát és a kéttengelyes traktor össztömegét is 18 tonnára szabályozták.



5. ábra A traktorok darabszámának megoszlása a névleges teljesítmény alakulásától függően Forrás: RÉNIUS – SÖHNE – REITER (1988)

Számos kutató mutatta ki vizsgálatainak során a gumibroncsok talajtömörítő hatását. MEEK (1992) szerint a talaj felszínén történő gépmozgás a felső 0-15 cm-es réteg fizikai tulajdonságaira gyakorol kifejezetten kedvezőtlen hatást.

KIRBY et al., (1997) szántóföldi mérései igazolták, hogy a traktorkerék által okozott többszöri tömörítés esetében az első menet hatása a legkedvezőtlenebb. CASSEL et al., (1995) vizsgálatainál a keréknyomban mért talajellenállás meghaladta a gyökérnövekedést gátló 3 MPa határértéket. MEEK et al., (1992) az erőgép egy kerekére eső terhelés 1,2 t-ról 2,7 t-ra történő növelésével a talaj 10-15 cm-es tömődött

rétegében $0,17 \text{ g/cm}^3$ térfogattömeg növekedést mért. COOPER (1971) azt találta, hogy a szántás utáni első munkaművelet tömörítő hatása tízszer nagyobb lehet az azt követő műveleteknél. Ugyanakkor megállapította, hogy a gépek tömörítő hatását az azonos keréknyomban való többszöri közlekedéssel mérsékelni lehet.

CANARACHE et al., (1984) erőgéppel több menetszámban végrehajtott munkaművelet tömörítő hatását vizsgálták a csernozjom talaj esetén. Méréseik szerint a talaj térfogattömegét 20-25%-al növelte meg az indokolatlanul nagy menetszám.

Legkedvezőtlenebbnek találták a 10-20 cm-es talajréteg fizikai állapotát, ahol a $> 30 \mu\text{m}$ és a $0,2\text{-}30 \mu\text{m}$ átmérőjű pórusok részaránya jelentősen lecsökkent, ugyanakkor a kisebb méretű $< 0,2 \mu\text{m}$ pórusok részaránya megnövekedett. Legnagyobb menetszám hatására a talaj össziporozitása 10%-kal, a makropórusok részaránya 30-50%-kal, ugyanakkor a vízálló aggregátumok száma 2-3 szorosára nőtt. BULLOCK et al., (1985) az erőgép által tömörített rétegben makropórusok részarányának 50%-os csökkenését tapasztalta. KAZÓ (1996) a talaj fizikai jellemzőinek romlását mutatta ki vályog és agyagos vályog talajokon. Vizsgálatai során a talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak jelentős mértékű leromlását tapasztalta a nagytömegű erő- és munkagépek munkája nyomán.

A talajtömörödöttség kialakulásának egyik leggyakoribb oka a nem megfelelő nedvességállapot mellett végzett munkaművelet. A nedves talajon történő gépmozgások tömörítő és talajszerkezet romboló hatása nagy, ezért is jelent komoly problémát a talaj fizikai degradációjának e formája a nedvesebb klímájú országokban. MEEK et al., (1992) eltérő nedvességállapotú talajfelszínen történő közlekedés tömörítő hatását hasonlította össze homokos vályog talajon. Míg a száraz talajfelszínt ért terhelés a tömörödött réteg térfogattömegét $1,59 \text{ g/cm}^3$ -re növelte, addig nedves talajállapotnál ez az érték elérte az $1,78 \text{ g/cm}^3$ -t. WEAVER et al., (1951) hasonló eredményt értek el vályog talajon. GAMEDA et al., (1987) a száraz és nedves állapotú talajt 10 és 20 t tengelyterhelésű teherautóval mesterségesen tömörítették. Száraz talajon csak a nagyobb tömegű jármű okozott szignifikáns térfogattömeg növekedést, míg nedves talajon már a 10 tonnás jármű is jelentős térfogattömeg növekedést idézett elő.

A jármű tömege a járászerkezeten keresztül adódik át a talajra, közel függőleges megoszló terhelés alakjában. A terhelés a járászerkezet kialakításától függően lehet pontbeli, vonalbeli, vagy kör, ellipszis, ill. sávfelület mentén eloszló. A függőleges erő hatására a talajban kialakuló feszültségek eloszlását vizsgálta többek között FROEHLICH (1985) is. Az általa bevezetett koncentráció faktor segítségével

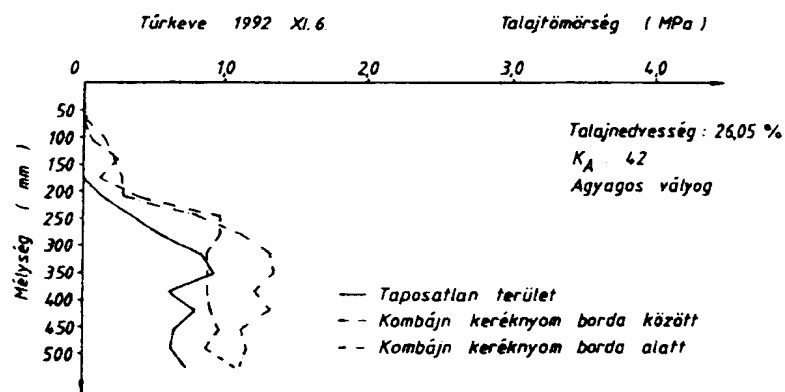
meghatározhatóvá váltak a koncentrált erő okozta terhelés hatására a talajban létrejövő izobár vonalak. A talajban a koncentrált erő hatására az elmélet szerint olyan nyomáseloszlás alakul ki, amelyre az a jellemző, hogy a talajtérfogat különböző nagyságú azonos nyomásszintekhez tartozó pontjai gömbhéjszerű felületeken helyezkednek el oly módon, hogy az alacsonyabb nyomásszintű felületek sorra magukba zárják a magasabb nyomásszintű felületeket. Ezek az ún. nyomáshagymák, a koncentráció faktor függvényében körre ill. függőlegesen nyújtott ellipszisre hasonlítanak.

Az abroncs a talajjal azonban kör alakú felület mentén érintkezik. A felület alatti teljes nyomáseloszlás csak közelítő módszerekkel határozható meg. A terhelést ebben az esetben a felület mentén egyenletesen megoszlónak vagy parabolikusan változónak tételezzük fel. A kerekek alatti nyomáseloszlás inkább parabolikusan változó jellegű. A teljes nyomáseloszlás közelítő meghatározására SÖHNE (1953) a felületet kisebb (elemi) részekre osztotta és az egyes részekre ható nyomást koncentrált terhelésnek tekintve, határozta meg az elemi feszültségek összegéből a keresett eredő feszültséget. A gumibroncs ellipszis alakú talpfelülete alatt a nyomásértékek tehát egyrészt a talajfelületi maximális értékükről a mélység függvényében fokozatosan csökkennek, másrészt pedig a talaj belső súrlódása és nyírószilárdsága következtében a nyomások nemcsak az abroncs szélességének megfelelő talajszelvényben jelentkeznek, hanem annál nagyobb szélességben is kiterjednek az abroncs szimmetriasíkjától mért távolsággal csökkenő mértékben. Álló statikus abroncsterhelés esetén a nyomáshagymák mind hossz, mind pedig kereszt irányban szimmetrikusak. Haladó, gördülő mozgás esetén az abroncs hosszúsíkjával párhuzamos síkokban a felszín közelében ható talajfeszültségek következtében ez a szimmetria felbomlik. A nyomáshagymák eredetileg függőleges szimmetria síkja a haladással ellentétes irányban bizonyos szögértékkel elfordul. A nyomáshagymák nyomásértékei, mélységbe hatolása valamint a haladási irányra merőleges szétterjedésének mértéke elsősorban a függőleges abroncsterheléstől függ. A nyomáshagyma izobár-jainak kialakulását egyrészt befolyásolja az abroncs belső nyomása, ugyanis minél kisebb a belső nyomás értéke annál kisebb nyomásértékek jelentkeznek a talajfelszínhez közeli rétegekben. Másrészt az izobárok alakja és nagysága a talaj hordképességétől is függ, amely viszont függvénye a talaj fizikai féleségének, a talaj tömörségének (fellazítottsági fokának) és az aktuális nedvességtartalmának. Minél kevésbé hordképes egy talaj, annál keskenyebb a nyomáshagymák és annál mélyebbre hatolnak a talajba.

JÓRI (1998) szerint a tengelyterhelésekből még figyelembe veendő nyomásszintek (0,2 bar) 50-80 cm-ig is leérhetnek, az abroncsterheléstől, a talaj állapottól függően. A keréknyom középvonalához viszonyítva a keresztirányú kiterjedés mértéke az abroncs szélesség 2-szeresét is elérheti. Bár a keltett nyomások a felszíntől számított mélység függvényében fokozatosan csökkenő tendenciájúak, ennek ellenére az abroncsterhelés káros tömörítő hatása mind a felső, művelés alatti (0-30 cm mélységű) talajrétegekben, mind az (35-60 cm mélységű) altalajban érvényre jut. A felső talajrétegekben azért, mert ott egyrészt a talaj az időszakok többségében viszonylag fellazult állapotban van, másrészt pedig azért, mert ebben a rétegben eleve nagyobb talajnyomások ébrednek. Az altalaj rétegeiben azért érvényesül a tömörítő hatás, mivel ezek a rétegek, sokkal ritkábban (4-5 év) vagy egyáltalán nem kerülnek fellazításra és ezért érvényre tud jutni az évenként ismétlődő keréknyom terhelések tömörítő hatásának, akkumulációja. HAMMEL (1994) nedves talajon 9 tonna tengelyterhelést meghaladó gépeknél 75 cm-es mélységben is kimutatta a gumiabroncsok tömörítő hatását. KUIPER és VAN DE ZANDE (1994) szerint a szántóföldi növénytermesztés a területen mozgó gépek éves talajterhelő hatásának megoszlása az alábbiak szerint osztható fel:

- | | |
|--|-----|
| 1. Talaj-előkészítés és vetés (magágy terhelés) | |
| 10% | |
| 2. A vetés és betakarítás közti időszak gépmozgásai | 10% |
| (gyökérágy terhelés) | |
| 3. Betakarítás (betakarítási terhelés) | |
| 55% | |
| 4. Betakarítás és a művelési időny közti gépmozgásai | 25% |
| (betakarítás utáni taposás) | |

Ebből látható, hogy az erőgépek mellett a betakarítógépek talajtömörítő hatása is jelentős lehet. CLAAS DOMINATOR 106 arató-cséplő gép talajtömörítő hatását mutatja a 6. ábra.



6. ábra A talajtömörtség alakulása CD 106 arató-cséplő géppel végzett kukorica betakarításkor kombájn keréknyomban borda alatt, borda között és taposatlan területen.

Forrás: JÓRI (1998).

A járszerkezetek tömörítő hatását számos szerző veszélyesebbnek minősíti, mint a művelő eszközök okozta művelőtalp-tömörödést (HAKANSSON és PETELKAU 1994, JÓRI 1998).

A traktorok és járművek teljesítményeinek és tömegük növekedése után indultak be a kerékabroncsok fejlesztési munkái. Egyrészt azért, hogy a megnövekedett terhet elbírja, másrészt azért, hogy a talajt kímélje, illetve minél kisebb fokú tömörödöttséget okozzon. A megváltozott tömegviszonyok miatt megnövekedett kerékterhelés, kerékabroncs terhelés az abroncsátmérő növelését, a gumiabroncs szélesítését és a talajjal érintkező abroncsfelület kiterjedését vonta maga után.

A kerékabroncs nagyságának, szélességének változtatását a kapás kultúrák sortávolsága határoolja be. Az abroncsszélesség növelése éppen olyan lényeges, mint az átmérő, a belső nyomásváltoztatása. Egy duplájára növelt abroncsszélesség teherbíró képessége 164%-kal nő, egy megduplázott átmérő 74%-kal, a belső nyomás 54%-kal növeli a teherbíró képességet. A kerékterhelés növekedésével arányosan növelték az érintkezési felületet, így a talajnyomás csökkent.

Az átlagtömörödés arányos a hozzátartozó teherrel, az abroncs belsőnyomással és a talpfelülettel. A terhelésnél a teher befolyása nagyobb a mélységre, mint a gumiabroncs belső nyomása. A szerkezet önsúlya is erősebben befolyásoló tényező, mint az abroncs nagysága. Míg a felső talajrétegek tömörödöttsége inkább az abroncs belső nyomásától függ, az altalaj tömörödése a kerékterhelés hatására jön létre.

A gumiabroncs levegőnyomása mind a közlekedés, mind a teherhordozás, mind pedig a talajtömörítő hatás miatt nagy jelentőséggel bír. A felületi nyomás csökkentésére minél kisebb belső nyomású és minél szélesebb profilú gumiabroncs szükséges, hogy a káros tömörödöttség mértéke csökkenjen. A terra abroncsok légnyomása 0,03-0,04 MPa között változik fajlagos talajnyomásuk minimális (VÁRADI és KOMÁNDI, 1980). A különböző abroncsok ilyen irányú jellemzőit szemléletesen mutatja be a 7. ábra JÓRI et al. (1992) vizsgálatait nyomán.

	Diagonál abroncs 18,4 - 38	Radiál abroncs 18,4 - R - 38	Radiál abroncs dekk 18,4 - R - 38	Széles abroncs 650/60-38	Terra abroncs 66×43,00-25
Talpterhelés	2600 kg	2600 kg	2 × 1300 kg = 2600 kg	2600 kg	2600 kg
Belső nyomás	1,3 bar	1,2 bar	0,8 bar	0,8 bar	0,4 bar
Kapcsolódó abroncs- felület	1240 cm ²	1490 cm ²	2 × 1550 cm ² = 3100 cm ²	3000 cm ²	8323 cm ²
Felületi nyomás	2,1 kg/cm ²	1,74 kg/cm ²	0,84 kg/cm ²	0,86 kg/cm ²	0,31 kg/cm ²

7. ábra Különböző abroncsfajták felfekvő felületi nyomása Forrás: JÓRI (1992)

A felfekvő felület növelésének speciális megoldását mutatja a 8. ábra. Elsősorban nagy terhelésű pótkocsik esetében terjedtek el a felfekvő felület csökkentésére a tandem futóművek (9. ábra).



8. ábra Növelt felfekvő felületű
abroncsok

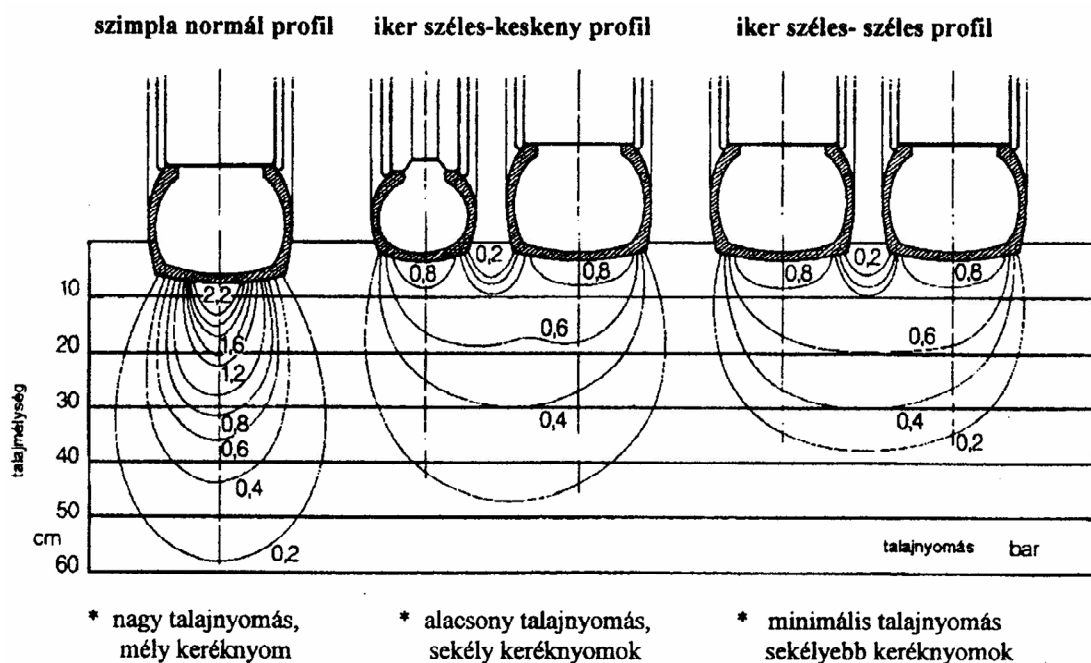


9. ábra Tandem futómű

A talajnyomás csökkentésének legelterjedtebb megoldása az ikerkerék, amelynek használata a gépi eszközök tömegének növekedésével egyre inkább terjed. Előnye, hogy a növekvő traktorteljesítmény mellett a tradicionális traktorformák meghagyásával növelhető az abroncsok terhelése, valamint alkalmazásával kedvezőtlen talajon magasabb hatásfok érhető el.

Szántóföldön az iker abroncs 0,6-0,8 bar nyomással üzemeltethető. Ha szélesebb abroncsokból áll az elrendezés, úgy a külső abroncsba 0,2-0,3 bar-ral kevesebb nyomás szükséges, mivel a külső abroncs átmérője 2-4 cm-rel kisebb. Ügyelni kell arra is, hogy a két abroncs között legalább 8 cm-es rés maradjon, így nem tömődik el a kerék.

A keréknyom mélysége, a felületi nyomás illetve a tömörítő hatás igen kicsi. Ezt jól ábrázolja a 10. ábra nyomáshagymája.



10. ábra A különböző kerékelrendezés talajra gyakorolt hatása. Forrás: JÓRI (1998)

Az iker kerekek mellett napjainkban már a tripla kerék elrendezés is megjelent (11. ábra).



11. ábra Tripla kerék elrendezésű traktor

Kapásnövények műveléséhez sorközművelő keskeny profilú gumibroncs javasolható. Erre a nagy átmérő jellemző. Általában ikerkerekes változatban javasolt a használata, mivel a felületi nyomás így kisebb. Az abroncsok belső nyomása 2,0-4,0 bar között alakul.

A nagy vonóerőt igénylő munkák, valamint a speciális területek (lejtős, laza talajú, mocsaras vidékek) művelésére korábban láncalpas jároszerkezetű traktorokat alkalmaztak. A talajkímélő jároszerkezetek közül a legutóbbi években különös hangsúly került a láncalpas és gumibroncsos jároszerkezet előnyeit ötvöző gumihevederes megoldásokra. Az első gumihevederes jároszerkezet kialakítása EVANS és GOVE nevéhez fűződik. Olaszországban TAYLOR és BURT (1979) fúvott gumiheveder alkalmazásával próbálkoztak. Kísérleteik alapján megállapították, hogy a gumiheveder vontatási hatásfoka 80-85 % között alakult, szemben a gumibroncs 55-65%-kal. Több szerző szerint (BASHFORD, 1988; ERBACH et al., 1988) a gumihevederes jároszerkezet által okozott talajtömörtség kisebb, mint a gumikerekes traktorok esetén. CULSHAW (1988) viszont nem talált szignifikáns különbséget a gumihevederes és a gumikerekes jároszerkezet között.

Hazánkban JÓRI et al., (1998) végeztek vizsgálatot a hagyományos láncalpas, a négykerék-hajtású és a gumihevederes jároszerkezetű traktorok vonóképességének illetve talajtömörítő hatásának elemzésére. A vizsgálatba vont traktortípusok azonos teljesítmény kategóriába tartoztak. A vizsgálati eredmények szerint a gumihevederes jároszerkezetű Caterpillar Challenger-65 traktor a vonóképesség és a dinamikus vontatási képesség (súlykihasználási tényező) tekintetében sokkal kedvezőbb jellemzőkkel bír, mint a kerekes (Rába 250).

A talajszerkezetre gyakorolt hatást két szempontból vizsgálták. Az egyik a talajszerkezet változásának mértéke, a másik az okozott talajtömörítő hatás vizsgálata volt. A talajszerkezetet romboló hatás elsődlegesen a járászerkezet csúszásával van összefüggésben. A vizsgálatok során azt állapították meg, hogy a kerekes traktornál 9-13 %, a lánc talpasnál 5-6,5%, míg a gumihevederes esetén csupán 4-5 % volt a járászerkezet csúszása. Ez azt jelenti, hogy a gumihevederes járászerkezet a kisebb talajszerkezeti romboló hatása mellett, valószínűleg nagyobb élettartammal is bír. A káros talajtömörítő hatás mértékét szintén kétféle módon vizsgálták. A talaj térfogattömegének változásával és a talajbehatolási ellenállás mérésével. A térfogattömeg változás tekintetében a gumihevederes traktor 35-40%-kal kedvezőbb értéket mutatott, mint a kerekes traktor és 15-20%-kal volt jobb, mint a lánc talpas traktor. Ez egyrészt a nagyobb felfekvő felületből adódó kisebb értékű talpnyomásra illetve a járászerkezet korszerűbb szerkezeti kialakítására vezették vissza. A talajbehatolási ellenállás mérési eredményei (a térfogattömeg változás vizsgálati eredményeivel összhangban) azt igazolták, hogy a kerekes járászerkezethöz képest nagyobb a különbség a borda alatti és a bordaközök alatti tömörítés mértékében. Ez a jelenség azonban nem kívánatos a magágy homogenitása szempontjából. A behatolási ellenállás változásának vizsgálata megerősítette azt az elképzelést, hogy a gumihevederes járászerkezetnek kisebb a talajtömörítő káros hatása.

2.3.2.2. A talajművelő eszközök hatása

A művelő eszközök káros hatásával a hazai szakirodalomban számos szerző foglalkozik. Érdekes áttekinteni az idő előre haladtával kialakult káros hatást leíró különböző kifejezéseket.

A tömörödöttség jelenségének első észlelései az ekék munkája során kialakuló eketalp betegségeként ismert fogalomhoz kapcsolódnak.

FÁBIÁN (1819) COLUMELLA (Kr. U. 1. sz.) De re rustica c. könyvének magyarra fordításában elrejtett padnak nevezi a fel nem tört kemény réteget.

ORDÓDY (1896) az eketalp jelenséget téglakeményrétegként írja le.

KUND (1934) az eketalp megjelenését egy erősen összesajtolt réteggel jellemzi.

MANNINGER (1952) a jelenség kifejezésére az eke-vastalp betegség kifejezést használta.

PÁTER (1953) az eketalp betegség fogalmát nem tartotta megfelelőnek a barázdafenék összetömörödés kifejezést javasolta.

KEMENESY (1953,1956) mint talajhibáról eketalp betegségként ír, a kialakult réteget eketalp rétegnek nevezi.

LAMMEL (1963) az eketalp réteget a termelés során előálló talajtömörödés kategóriájába sorolja.

STEFANOVITS (1964) megállapította, hogy a csernozjom talajok, amelyeknek szerkezetét a talaj szerves anyaga hozza létre és tartósítja, hajlamosak az eketalp tömörödöttség kialakulására.

LÁNG (1964) a helytelen talajművelés során kialakult tömör réteget káros barázda fenékrétegnek nevezte. SIPOS, (1972), SZABÓ (1986) a barázdafenéken kialakult vízzáró réteget káros eketalpnek nevezték.

A gépesítési szakirodalomban megjelenik a káros talajtömörödés fogalma (BÁNHÁZI et al., 1984; JÓRI, 1990).

BIRKÁS (1987) kandidátusi értekezésében a tárcsás művelés hatására kialakult tömör réteget tárcsatalp rétegnek, magát a jelenséget tárcsatalp tömörödésként írta le.

BIRKÁS (1993) Földműveléstan Talajművelés fejezetében több művelő eszköz káros tömörítő hatásaként „művelőtalp-tömörítés” fogalmát használja.

A felsorolásból kitűnik, hogy mára már a kutatók felismerték, hogy károsan tömörödött réteg nem csak az ekek munkája során képződhet, hanem más talajművelő eszközök esetében is.

A művelő eszközök hatására kialakult és leggyakrabban vizsgált káros tömörödést az eketalp-tömörödést GUÉRIEF (1994) az alábbiak szerint határozza meg: A kormánylemezes eke vasának nyomain alakul ki az eketalp tömörödés, amely a nedves talaj kenődéséből és a barázdában járó traktorkerék taposásából adódik össze. Az eketalp tömörödés a szántott és az alatta lévő réteg határán jön létre és az ily módon tömörödött talaj ellenállása az adott profilban a legnagyobb.

Eketalp-tömörödés BIRKÁS (1987) megállapítása alapján a szokásos szántás mélység, vagy az ismétlések számának függvényében a 20-32 cm alatti rétegben alakulhat ki és vastagsága az ismétlések számából vagy a talaj műveléskori állapotából adódóan 2-10 cm lehet.

Tárcsás művelések hatására a tárcsatalpak tömege és csúszása következtében tárcsatalp tömörítés alakulhat ki a művelési mélység határán és a tömörítés nedves talajnál erősebb is lehet mint az ekevasnál BILLEGE (1938). A szokásos tárcsázási mélységtől

és a talaj műveléskori állapotától függően 12-18 cm alatti rétegben mutatható ki (CHEN és TESSIER, 1997). Hazánkban kialakulása és vastagodása az utóbbi tíz évben lett szembetűnő (BIRKÁS és SZEMŐK, 1999). A szerzők ennek egyik okát abban látták, hogy a gazdálkodók a költségcsökkentés érdekében több éven át, gyakran az igényesebb növények alapművelésére is a tárcsás sekély művelést választották.

2.3.2.3. Talajművelési módok hatása a talajfizikai állapotára

Napjainkban hazánkban alapvetően két féle talajművelési módról kell beszélnünk, a még sok helyen alkalmazott hagyományos és az ennek hibájának felismerése következményeként kialakuló alkalmazkodó talajművelésről.

GYÖRFFY (1999) szerint a talajműveléssel foglalkozó mai generáció új kihívások előtt áll. Egyik oldalról a talajművelő gépek változatossága nagyobb lehetőséget ad.

Másrészről a nehéz szántóföldi gépek használata mind fontosabbá teszi, hogy a nagyobb figyelmet fordítsunk a talajtömörödéssel. Véleménye szerint nem szabad a talajművelésben sablonokat követni, mindig az adott talajállapothoz kell megválasztani a művelés módját, eszközét, idejét. Mindenkor alkalmazkodó talajművelést kell folytatnunk, alkalmazkodnunk kell a talaj típusához, nedvességéhez, a gazdaság gépi felszereltségéhez.

A hagyományos és alkalmazkodó talajművelés sajátosságait BIRKÁS (1995) az alábbiak szerint foglalta össze:

A hagyományos művelésre a teljes terület megmunkálása, a talajelőkészítés rendszerén belül a legmélyebb művelésre az eke használata jellemző. A talajállapot kedvezőtlenégeit kevésbé hatásos több beavatkozással szüntetik meg. E rendszer tipikusan sokmenetes, vagyis a növények kívánta talajállapotot az ésszerűnél nagyobb idő, energia- és költség felhasználással érik el.

A hagyományos, sokmenetes művelés gyakorlatban tapasztalható jellemzői:

- Nagy (8-12) menetszám, amely a külön menetes művelési beavatkozásokból következik (gépkapcsolásokat nem, vagy alig alkalmaz).
- A művelés mélysége gyakrabban a növény igényéhez, a rendelkezésre álló művelőeszközhöz, ritkábban az évjáráthoz, vagy a talaj állapotához alkalmazkodó.
- Jellemző az indokolatlanul mély (általában forgatással) vagy a talaj tömörödött állapotát figyelmen kívül hagyó sekélyművelés (általában tárcsával) alkalmazása.

- Nem, vagy alig jellemző a növényi sorrenddel összehangol periódusos mélyművelés (mélylazítás) alkalmazása, ily módon kevesebb lehetőség adódik a mélyművelés tartamhatásának kihasználására, a mély-középmély-sekély művelés ésszerű váltakoztatására.
- Nem, vagy kevéssé jellemző a talaj kondícióját javító, vagy azt megőrző középmély (mélylazítás) alkalmazása.
- A talajlazító, fontossági- és alkalmazás gyakorisági-sorrendben az eke és egyéb eszközök után következik.
- Gyakori a tömör zárórétegek kialakulása („eketalp”, „tárcsatalp”, ill. jellemzően 40 cm alatt) az ismételten azonos művelés mélységében.
- Kevesebb az esély a talaj biológiai beéledésének megteremtésére részben a művelési hibák, részben a gyakori (kényszerű) talajmozgatás miatt.
- A művelés minősége a művelési hibákból eredő talajállapot hibák miatt esetleges. Tömörödött talajon növekvő rögződéssel, a rögzőség intenzív, vagy több menetes elmunkálása miatt porosodással kell számolni.
- A nagy időigény a több menetből, egy előző művelési hiba kijavítására eszközölt újabb munkamenetektől következik.
- Az időráfordítás igény kockázat növelő tényező, ami bizonytalanná teheti a termesztést (a vetésre megfelelő talajállapot gyakran talajkárosodással hozható létre).

„Az alkalmazkodó talajművelés az ökológiai feltételeknek leginkább megfelelő növények termesztését olyan takarékos és talajkímélő módszerekkel alapozza, amelyek hosszabb időszakot tekintve sem növelik a gazdálkodás kockázatát”

Az alkalmazkodó, takarékos, talajművelő- és kímélő művelés jellemzői:

- A talaj fizikai állapotában történő beavatkozások összhangban vannak a termőhellyel és a termőhely védelmével.
- A művelés mélysége és módja megfelel a talajvédelem feltételeinek, ugyanakkor biztosítja a termesztendő növények kedvező fejlődését.
- A művelési beavatkozások száma és sorrendje összhangban van a talaj fizikai és biológiai állapotának (kultúrállapotának) megőrzésével és javításával.
- Adott művelési eljárás javítja a további, ugyanakkor kihasználja a megelőző művelettel létrehozott talajállapotot (a biológiai beéledés előnyeivel).
- A talaj kedvező fizikai állapotának kialakítása és fenntartása előfeltétele a biológiai és biokémiai folyamatok eredményeként bekövetkező beéledésnek.

- A biológiai beéredés előmozdításával javítható bármely művelési beavatkozás minősége, és csökkenthetők a művelés ráfordításai.
- A tarlómaradványokat nem a művelést akadályozó tényezőnek tekinti, hanem felhasználja a talaj fizikai-biológiai kondíciójának javítására, valamint a nedvességveszteség csökkentésére.
- A talaj állapotához alkalmazkodó műveléssel csökkenthetők a művelési menetszám, ezáltal a talajt károsító taposás, és közvetve a következő művelési időnyben végzendő talajmunkák száma.

Míg a hagyományos művelés esetében a művelések során sablonokat követhetünk és az esetleg elkövetett hibák javítását további műveletekkel javíthatjuk, addig az alkalmazkodó művelésnél ez nem engedhető meg.

Az alkalmazkodó talajművelés a takarékos, talajkímélő és védő talajművelésre épül. Szakemberek magas szintű szakmai ismereteit kívánja, mely a talaj a növénytermesztés és körülményeik és adott körülmények közt alkalmazható gépek, gépkombinációk kiváló ismeretét követeli meg. Jellemző rá a kapcsolt gépcsoportok használata. Ma már elfogadott, hogy bizonyos növények esetében adott talajjellemzők mellett alpművelést nemcsak forgatással (ekével) lehet megfelelő minőségben végezni. Ráadásul ez jelentős üzemanyag megtakarítást is jelenthet. KAPOCSI és ANDRÁSI (1987) mérései szerint például réti csernozjom talajon őszi búza alá végzett alpműveléseknél, a szántáshoz viszonyítva a gázolajfogyasztás nehéz kultivátornál 37,18 %-al, a nehéztárcsánál 76,2%-kal, a kultivátorbetéttel felszerelt multitillerrel 11,51%-kal kevesebb. További talajokon és növény kultúráknál végzett méréseik alapján megállapították, hogy a talajműveléshez az eszközt a növény igénye, a talaj műveléskori állapota figyelembevételével választjuk meg, jelentős mennyiségű gázolajat és üzemórát takaríthatunk meg, azonos vagy növekvő terméshozam mellett. A talaj műveléskori állapotának figyelembevételével egyúttal a művelés talajkárosító hatását is a minimumra csökkenthetjük.

Hazánkban a Szent István Egyetem Földműveléstani Tanszék munkatársai 1976 óta rendszeresen végeznek talajvizsgálatokat, a talajban kialakult tömörödöttség gyakoriságának, a tömör tételek elhelyezkedésének felmérésére. Vonatkozó publikációk: BIRKÁS (1987, 1991, 1994, 1995, 1996/a/b, 1997 a, b, 1998/a/b, 1999/a/b/c, 2000) GYURICZA (1996, 1998/a/b, 2000).

Az általuk vizsgált 12000 ha 18%-án, 18-22 cm-es mélységben, 16%-án 28-32 cm-es mélységben, 15%-án 40 cm mélység alatt mutattak ki tömör réteget. Több termőhelyen

2 ill. 3 tömörödött réteget is találtak. A vizsgált területnek csak 9%-án nem fordult elő tömör réteg BIRKÁS (1996/b).

A vizsgálatokba vont területeken összehasonlító elemzéseket is végeztek arra, hogy a különböző művelő eszközök és művelési módok milyen hatással vannak a talajtömörödöttségre.

Gödöllő térségében barnaerdő talajokon végzett tartam kísérletek alapján vizsgálták a különböző talajművelések talajállapotra gyakorolt hatását.

Évenként ismételt tárcsás művelés hatásának vizsgálata során azt tapasztalták, hogy a 16-20 cm-es mélységig növénytermesztésre megfelelő állapot alakítható ki. A sekély művelési mód évenkénti ismétlése következtében a 3. évtől kedvezőtlen talajtömörödés alakul ki a tárcsázás alatti rétegben, mely az 5. évet követően a felszín és mélyebb rétegek felé is egyre jobban kiterjedt.

A lazítással kombinált tárcsázás hatása a felső 20 cm-es rétegben hasonlóan alakult, változás csak e réteg alatt volt. A lazítás hatása a beavatkozás mélységéig kimutatható volt és ott a térfogattömeg érték $1,4 \text{ g/cm}^3$ alatt maradt. Igazolták, hogy hosszú idő alatt jobb talajállapot tartható fenn tárcsázással kombinált lazítással, mint az állandó tárcsás műveléssel.

Rendszeres szántás hatására a 2. évtől kimutatható volt a szántott réteg alatt megjelenő tömörödött réteg. Mérési adataik alapján megállapították, hogy eketalp tömörödés súlyosbodása következtében a növények gyökérzetének élettere 20-23 cm-re korlátozódott.

A lazítással kombinált szántás esetében megállapították, hogy bár a 8. évben a szántás mélysége alatt kisebb mérvű tömörödés volt észlelhető a lazítással kombinált szántással jobb talajállapot tartható fent, mint csupán szántással.

A direktvetéses kísérlet 4. évében a magágy alatti réteg tömörödése megközelítette a termeléshez kedvezőtlen talajellenállás értéket (3 MPa), azonban alacsonyabb volt a tárcsás művelés hatására kialakult tárcsatalp tömörödési értéknél (4-4,7 MPa). A direktvetés talajában a 20-26 cm-es réteg a kísérletek beállításakor mért eredeti tömörséget mutatta a 8. évben is. A 26 cm alatti réteg a 6. évtől vált tömörebbé BIRKÁS (2000).

A talajművelő eszközök talajkárosító hatását nagymértékben befolyásolja a talajok műveléskori nedvesség állapota. A talajok legjobban és legkevesebb kárral nyirkos állapotban művelhetők meg. A nyirkos állapot középkötött talajon közel azonos a

morzsás szerkezet kialakításának optimumával, amely 20-21 tömeg % nedvességtartalomnak felel meg SITKEI (1967, 2002).

Hasonló megállapításra jutott BÁNHÁZI (1984) véleménye szerint középkött talajon 16-22 tömeg % nedvességtartalom esetén a legkisebb a talaj ellenállása. Ebben a nedvesség tartományban a rögzösödés mértékét is kisebbnek találta, mint az ennél szárazabb vagy nedvesebb talajon.

A túl száraz talaj alapműveléskor rögzösödik, elmunkáláskor porosodik. Ezek a folyamatok hosszabb idő alatt a talaj tömörödéséhez vezetnek. Éppen úgy a túlzottan nedves állapotban végzett művelés talajgyúró kenőhatása is a talaj tömörödéséhez vezet. A fentiekből látható, hogy a talajművelő eszköz és mód megfelelő megválasztása mellett rendkívül fontos a talajművelés időpontjának megfelelő kiválasztása, mely sokszor visszahat a talajművelő eszköz és mód kiválasztására is.

SCHMIDT et al., (1998) a talajok tömörödöttségi állapotát művelőutas cukorrépa termesztési technológia alkalmazása esetén vizsgálták. Egy tenyészidőszakra kiterjedő vizsgálataik során megállapították, hogy a művelőutak alatti talajellenállás értékek magasabbak, mint a tábla többi részén. Véleményük szerint a talajtömörödés megszüntetése érdekében elég csak ezeket a helyeket átművelni, ami jelentős idő és üzemanyag megtakarítást eredményezhet.

2.4. A talajtömörödöttség káros hatásai

BIRKÁS (1996/a) az alábbiakban foglalta össze a talaj tömörödésének káros hatásait:

- romlanak a talajok fizikai, biológiai, kémiai tulajdonságai,
- gátolja a növények víz és tápanyag felvételeit, gyökerek fejlődését, melyek csökkentik a terméseredményeket,
- romlik a talajok művelhetősége a művelésenergia igénye.

A talajtömörödés következtében a talajvíz levegő és hőforgalmában káros zavarok lépnek fel (STEFANOVITS, 1992) és ezek miatt romlik a növényi tápelemek felvehetősége (KEMPER et al., 1971).

Tömörödött talajban a nitrogén mineralizáció lelassul és a denitrifikációs folyamatok fokozódnak, ezek következtében a felvehető nitrogén mennyiség jelentősen csökken. A foszfor és kálium mozgékonyága kisebb lesz a talajban, ezért felvehetősége a gyökér növekedésének sebességétől függ, mivel a tömörödött talajréteg a gyökér növekedését gátolja, így kedvezőtlenül befolyásolja a növény foszfor és kálium ellátottságát

(OUWERKERK et al., 1993). A káros tömörödés hatására csökken a tarlómaradványok, trágyák, tápanyagok feltárodása, lelassul a növények tápanyag és vízfelvétele is (MADAS, 1985).

(GRIMES et al., 1975; GERARD et al., 1982) által különböző talajokon és növényeknél végzett vizsgálataik alapján a gyökérfejlődést gátló kritikus értéknek 1,5 – 5,6 MPa kaptak. Ez a széles tartomány növények közötti különbségekre utal. A gyökér fejlődését azonos talajellenállások mellett a talajnedvesség tartalma is befolyásolja. MIRREH et al., (1972) vizsgálatai kimutatták, hogy a kukoricagyökér növekedési sebessége egy adott talajellenálláson belül a nedvességtartalom csökkenés hatására szintén csökken. A növények közül a talajtömörödésre különösen érzékeny a cukorrépa, szója, valamint a kukorica, a gabonafélék kevésbé érzékenyek (PHILLIPS et al., 1962; LIPIEC et al., 1994). A kukorica elsősorban a felszín közelében kialakult talajállapotra érzékeny (GYURICZA és SIPOS, 1996), legkedvezőbb számára, ha a talaj legalább 40 cm mélységig kellően lazult és művelőtalp okozta tömörödöttség ebben a rétegben nem fordul elő (BIRKÁS, 1995).

Tömörödött réteg kialakulása esetén romlik a talajvíz befogadó képessége, ezt csak a tömör rétegnél mélyebb műveléssel vagy rendszeres altalajlazítással tudjuk visszaállítani, illetve fenntartani (NYIRI, 1993, 1997; BIRKÁS, 1993, 1997/b).

(SZABÓ, 1986) a talajaink mikrobiológiai tulajdonságainak kedvezőtlen változása hívja fel a figyelmet, egyúttal megállapítja, hogy a talajok biológiai tevékenységének vizsgálata alkalmas a talaj állapotának elbírálására.

A talaj bioszervezetei fontos szerepet játszanak a tápanyagok növények általi felvehetőségében (BRUSSAARD és FAASSEN, 1994). A talajban lévő élőlények élet tevékenysége és a fauna gazdasága függ a talaj állapotától, tömörödöttségi mértékétől (PRASZNA és KÖNCZÖL 1998). Az intenzív művelés az erő és betakarítógépek talajtömörítő hatása károsítja a talajban élő élőlények életét, ezáltal csökkentik ezek talajra gyakorolt jótékony hatását. A földigiliszták legtöbb és leghosszabb járatokat bolygatatlan, de nem tömör talajban alakítanak ki (BRUSSAARD és FAASSEN, 1994). Forgatásos alapművelés során a földigiliszták járatokat elromboljuk, ezzel rontjuk az életüket, és a veszteségeket csak lassan heverik ki (KLADIVKO et al., 1986). Nekem is lehetőségem volt egy vizsgálatban részt venni, mely során szántást követő harmadik hónapban a szántott területen a földigiliszták száma a természetes állapotban lévő bolygatatlan területhez képest a harmadát sem érte el. (BIRKÁS, NYÁRAI, SZALAI,

1997) vizsgálatai kimutatták, hogy tömör művelőtalp rétegben sem földigiliszta, sem annak járata nem található.

BIRKÁS (2000) által barna erdőtalajokon végzett tartam kísérletek alapján a földigiliszta tevékenysége és a talajállapot közt az alábbi rangsor állítható fel:

1. nem bolygatott, a felső rétegben szerkezetes,
2. 35 cm-ig lazult, tömör réteget nem tartalmazó,
3. 22 cm-ig lazult, alatta tömör réteg alakult ki,
4. 14-15 cm-ig lazult, alatta tömör réteg alakult ki.

A talajállapotok művelés kezelése: 1. direktvetés, 2. lazítás, 3. szántás, 4. tárcsázás.

A fentiek alapján megállapítható, hogy a talajtömörödés káros hatással van a talaj szerkezetére, melynek számtalan káros következménye van és többek közt magára a talajtömörödésre is károsan hat vissza. Több kutató foglalkozott a talajtömörödöttség terméscsökkentő hatásával. BIRKÁS (2000) szerint, „tápanyaggal jól ellátott, eltérő fizikai féleségű talajokon, 28 cm alatt kialakult tömörödés esetén 10-22 %, a felszínhez közeli tömörödés hatására pedig 42-55 % terméscsökkenése valószínűsíthető a kukorica termesztésében változó tenyészidők átlagában”. Szakirodalmi adatok szerint nő a talajtömörödöttség terméscsökkentő hatása, ha a talaj tápanyag ellátottsága gyenge (CAMPBELL, 1994; GAMEDA et al., 1994; FENYVES, 1996; BIRKÁS, 1997; NAGY, RÁTONYI, 1997; SZALAI, 1999).

A talajtömörödöttség kihat a művelés minőségére is. A tömör talaj művelésekor száraz és nedves állapotban is rossz minőség várható. A minőség javítása érdekében növelni kell az elmunkáló műveletek számát, miközben gyakran a visszatömörödés sem kerülhető el BIRKÁS (2000).

A talajtömörödés energia növelő hatásával számos hazai kutató foglalkozott BÁNHÁZI és FÜLÖP (1982); SINÓROS-SZABÓ (1984, 1992, 1996), JÓRI (1990), JÓRI és SOÓS (1990), JOLÁNKAI et al., (1997) BIRKÁS (2000).

A szakirodalomban fellelhető adatok szerint erősen tömörödött talajállapotoknál akár 70%-os hajtóanyag felhasználás növekedéssel is számolni lehet.

2.5. A talajtömörödöttség káros hatásainak megelőzése

A kialakult káros tömör rétegek természetes folyamatok hatására (váltakozó, olvadás, fagyás, bioszervezetek aktív tevékenysége) is csökkenhetnek, illetve megszűnhetnek. Az intenzív olvadási és fagyási folyamatoknak azonban ehhez csak éveken át tartó

ciklusa szükséges anélkül, hogy a talajokat további káros tömörítő hatás érne (HEDBERG, 1976). A váltakozó olvadási és fagyási folyamat talajtömörödöttség csökkentő hatása elsősorban még hosszabb, 10-20 éves időtartam esetén is csak a felsőbb talajrétegben várható, 15 cm alatti talajrétegben alig, vagy egyáltalán nem tapasztalható enyhülés (BLAKE et al., 1976; FROELICH et al., 1985; HAKANSON et al., 1988; ALAKUKKU és ELONEN, 1994; RILEY, 1994; HORN, 1994; STIRZAKER et al., 1996; BIRKÁS, 1998, 1999/c). Mélyebben tömör talaj állapotának javulásához a talajfauna gazdagítása hozzájárulhat, sokszor azonban életterüket mechanikai lazítással kedvezőbbé kell előbb tenni (HORN, 1994). A növények egy része alkalmas a kedvező talajállapot fenntartására (fűfajok), más csoportjuk pedig talajlazító hatású (keresztesvirágúak). A növények elhalt gyökerei helyén biopórusok alakulhatnak ki, és jelenlétük a tömörödött altalajokban lehetővé teszik, hogy a következő növény néhány oldalgyökere mélyebbre hatolhasson (STIRZAKER et al., 1996).

Hasonló következtetésre jutottunk a Westsik-féle talajjavító vetésforgó tartam kísérletekben végzett talajellenállás méréseink során is. Méréseinkkel egyértelműen kimutatható volt a csillagfürt-, zöld-, illetve gyökértrágyázás talajtömörödöttség csökkentő hatása (SZÖLLÖSI et al., 2002.)

Napjainkra egyértelművé vált, hogy a káros talajtömörödés kialakulásának megelőzésére nagy hangsúlyt kell helyezni. Ezért nagy jelentőségűek az erő- és munkagépek járás szerkezete talajtömörítő hatásának vizsgálata, a különböző ez irányú fejlesztések, melyek eredményeképpen új talajkímélő megoldások születtek és születnek. A talajművelési módok közül napjainkra előtérbe került az alkalmazkodó talajművelési mód, melynek terjedését a talajművelő eszközök fejlődése és választékának szélesedése is elősegítette. Az alkalmazkodó talajművelést a talajvédelme és a talaj kímélése jellemzi, talajaink kedvező állapotának hosszabb távú fenntartása a célja. Ezzel együtt a talajtömörödési problémák megszüntetése és kialakulásának megelőzése.

2.6. Irodalom összegzése

A talaj tömörödés problémája széleskörűen kutatott témakör az egész világon. Ennek megfelelően szakirodalma is igen gazdag. A tömörödés okait és következményeit szántóföldi körülmények között és modell kísérletekben számos kutató vizsgálja, elemzi. Több résztémakörben jelentős eredmények születtek mint:

- A talajtömörödés kiváltó okainak és befolyásoló tényezőinek összegzése.

- A talaj érzékenységének megállapítása a tömörödéssre és a szerkezeti degradációra.
- A talajok terhelése és a talaj deformáció összefüggéseinek modellezése.
- A tömörödésnek a talajállapotra, a növények fejlődésére, a gyökerezésre és a termések minőségére, mennyiségére gyakorolt hatása.
- A tömörödés hatása a mezo és makrofaunára és ezek szerepe a tömör állapot enyhítésében.
- A tömörödés művelésenergetikai és ökonómiai kérdési, megelőzését, enyhítését lehetővé tevő gépfejlesztések.
- Az eddig elért eredmények segítségével közelebb kerültünk a tömörödés folyamatának megértéséhez, de az elért eredmények további kutatások szükségességét is előre vetítik. A kutatók véleménye a tömörödés problémakörének megítélésében sok esetben megegyezik és közeláll egymáshoz. Eltérő megközelítések elsősorban a tömörödés mérési módszereiben és azok alkalmasságának megítélésében fedezhetők fel. Ebből is látszik, hogy ezen területen vannak még kutathatók. Ezért is választottam kutatásom fő célkitűzéséről a tömörödés problémakörének ezt a területét.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

Az általam alkalmazott vizsgálati módszer meghatározója, hogy vizsgálataimat a fizikai talajféleségek rendszerének három egymástól jól elkülönülő talajtípusán (homok, vályog és agyagtalajon) végeztem. A három talajtípust egységes vizsgálati mérési metodika és eljárás szerint, termőhelyi körülmények között, illetve technológia behatásoktól mentes körülmények között a „nyíltszíni mérőrendszerben” vizsgáltam. Ebben a rendszerben végzett vizsgálataim teremttették meg az alapot a különböző talajművelési rendszerek talajjellenállás-értékeinek azonos nedvességi szintek mellett történő összehasonlíthatóságára. Ennek segítségével a művelési rendszerek talajtömörödöttségi állapotára gyakorolt hatást a talajjellenállás-értékekkel akkor is jól össze lehet hasonlítani, ha a mérések idején a talajnedvességi állapotok különböznek. Vizsgált fizikai talajféleségek termőhelyi körülmények közötti vizsgálatánál növényvel fedett, illetve nem fedett körülmények között végeztem mérővizsgálatokat és egyúttal vizsgáltam a szántás, illetve lazítás hatását a talaj tömörödésére. A növénytermesztés talajtömörödésre vonatkozó hatásait a Westsik-féle homoktalaj-javító vetésforgó tartamkísérletnek rendszerébe illesztve végeztem el. A mérővizsgálataim helyszíni mérő- és kiértékelő vizsgálatokat és az ehhez illesztett laboratóriumi vizsgálatokat jelentettek. A kialakított vizsgálati metodikám és tematikámnak megfeleltetett

mérővizsgálati adatbankot alakítottam ki, melynek kiértékelését számítógépen Excel-program segítségével végeztem.

A fentiek alapján az elvégzendő kutatások célkitűzéseit az alábbiak szerint határoztam meg:

1. A talajellenállás és nedvességtartalom közötti összefüggések vizsgálata a „nyíltszíni mérőrendszerben, valamint a két tényező kapcsolatát jellemző függvény meghatározása különböző térfogattömeg és három fizikai talajféleség (homok, vályog, agyag) esetén.
2. A különböző nedvesség tartalomnál mért talajellenállás értékek azonos nedvességi szintre való átszámítási módszerének kidolgozása három fizikai talajféleségre.
3. Művelt és hosszabb ideje nem bolygatott talajok (homok, vályog, agyag) tenyészidei állapot változásainak vizsgálata és egymás közötti összehasonlítása különös tekintettel a tömörödött réteg elhelyezkedésére és előrehaladására.
4. A Westsik-féle homokjavító vetésforgók öt jellemző változatának vizsgálata talaj tömörödöttségi állapotára gyakorolt hatása szempontjából.

3.1. A vizsgálati területek bemutatása

3.1.1. A „nyíltszíni mérőrendszer” bemutatása

A talajellenállás és nedvesség értékek közötti összefüggések megállapítására végzett méréseimet a „nyíltszíni mérőrendszerben” végeztem el, mely Sinóros-Szabó Botond professzor vezetésével lett főiskolánkon kialakítva.

A „nyíltszíni mérőrendszer” egy 2x1 m keresztmetszetű, 90 m hosszú kibetonozott tér, amely a talajszelvény által átengedett vízmennyiség levezetése és mérése céljából alagcsövezéssel készült. A későbbiekben bemutatott termőhelyi területekről a különböző talajféleségek (homok, vályog, agyag) a természetes talajtani állapotukkal azonos minőségben és megfelelő mélységi szerkezetben, elkülönítetten lettek (20-20-20 m hosszúságban a „nyíltszíni mérőrendszerbe” betöltve. A 60 m-es mérőszakasz elején és végén az erőgépes vizsgálatok számára 15-15 m rá- ill. kifutási szakasz áll rendelkezésre. A betöltés óta (1996. május) a talajok természetes ülepedése folyamatos, művelési és egyéb gépi beavatkozásoktól mentes volt.

Az áteresztett vízmennyiség mérése és a talajszelvényekből történő mintavételezés talajtípusonként önálló mérőfülkékben történik. A talajszelvényeken áteresztett csapadékvíz mennyiségét a beépített alagcsövezés és mérőakna segítségével lehet

regisztrálni. A mérőrendszer lehetőséget ad a talajnedvesség és tömődöttség időbeli változásának és összefüggéseinek vizsgálatára és a trendszerű változások kimutatására. A mérőkocsi a pálya két szélére szerelt sín pályákon gördíthető a mérés helyére. Segítségével a talajszelvény penetrációs vizsgálatát a mérőkocsin állva, a talaj felszínének taposása nélkül végezhetjük el (12. ábra).



12. ábra A „nyíltszíni mérőrendszer”

3.1.2. A művelési rendszerek talajtömörödöttségre gyakorolt hatásának vizsgálati helyszíne

1. helyszín: Nyírtelek-Ferenctanya

A terület Ferenctanya mellett található a Nyíregyházi Főiskola tangazdaságához tartozik. Térszínét tekintve sík. A talaj a genetikai osztályzási rendszer besorolása szerint humuszos homoktalaj, fizikai féleségét tekintve homok.

A kísérleti területen feltárt talajszelvény leírása:

A_{SZ1}	0-15cm-ig	Szürkésbarna gyökerekkel átszőtt, tömődött humuszos homoktalaj, felszíni rétegének poros szerkezetű szemcséit a szél könnyen sodorja. Az átmenet fokozatos.
A_{SZ2}	15-30 cm-ig	Száraz, tömődött, lefelé fokozódó tömődöttséget mutató iszapos, szürkéssárga homok. A rétegben gyökerek találhatóak. Az átmenet a következő szintbe fokozatos.
AC	30-75 cm-ig	Száraz, erősen tömődött, világos szürke színű még humuszos, iszapos homok. A gyökérzet kevesebb, az eketalaj

tömődöttsége jól kivehető.

- C 75-120 cm-ig Kissé nedves, laza, sárga homok. Csillámok található benne. Gyökérzet kevés.

A kísérleti terület talajának fontosabb fizikai és kémiai jellemzőit a 2. táblázatban foglaltam össze. Mind három helyszín (Ferenctanya, Újvilágtanya, Rónahátdűlő) adatait a főiskolánk Környezettechnikai Kutató Csoportja biztosította rendelkezésemre. A laborvizsgálatokat a Hajdú-Bihar Megyei Növény- és talajvédelmi szolgálat Talajvédelmi Laboratóriuma végezte.

2. táblázat

A kísérleti terület talajának fontosabb fizikai és kémiai tulajdonságai

NYÍRTELEK-FERENCTANYA								
mélység, cm	leiszapol- ható rész, Li%	Arany-féle kötöttségi szám, K _A	holtvíz HV _{tf} %	hidrolitos acid., Y ₁	kémhatás, H ₂ O	CaCO ₃ %	humusz, %	vízoldható összes só, %
0 - 30	27,23	32	8,13	11,5	6,1	0	1,22	0
30 - 75	24,86	29	7,95	6,25	6,91	0	1,04	0
75 - 100	19,95	29	-	-	7,36	0	-	0

A vizsgálataim évére és az azt megelőző négy évre vonatkozóan a talajművelés sorrendjét és a termesztett növények vetésének és betakarításának időpontjait a 3. táblázatban foglaltam össze.

3. táblázat

Talajművelés sorrendje Nyírtelek-Ferenctanyai területen

Időpont			Művelet	Munka- mélység (cm)	Időpont			Művelet	Munka- mélység (cm)
Őszi búza '97	1996.	szept. 11 - 15.	Tárcsázás	10	Napraforgó '99	1999.	márc. 23 - 28.	Tárcsázás	
		szept. 18 - 23.	Szántás	25			ápr. 13 - 18.	Kombinátorozás	
	1997.	szept. 25 - 30.	Fogas + simító				ápr. 20 - 25.	Napraforgóvetés	
		okt. 16 - 21.	Kombinátoroz.				szept. 07 - 12.	Napraforgóbetakarít.	
		okt. 23 - 28.	Ő. búza vetés				szept. 14 - 19.	Tárcsázás	10
		júl. 15 - 20.	Ő. búza betak.				szept. 21 - 26.	Tárcsázás 2x	15
		júl. 22 - 27.	Tárcsázás	10			szept. 28 - 30.	Kombinátorozás	
		aug. 18 - 23.	Altalajlazítás	40			okt. 05 - 10.	Ő. búza vetés	
		szept. 23 - 28.	Szántás	25			júl. 05 - 10.	Ő. búza betakarítás	
		okt. 07 - 12.	Fogas + simító		Ő. búza '00	2000.	júl. 26 - 31.	Tárcsázás	10
		okt. 14 - 19.	Kombinátoroz.				aug. 23 - 28.	Tárcsázás	10
		okt. 21 - 26.	Ő. búza vetés				szept. 26 - 30.	Szántás	25
Ő. búza '98	1998.	júl. 14 - 19.	Ő. búza betak.		Kukorica '01	2001.	márc. 06 - 11.	Tárcsázás	10
		júl. 21 - 26.	Tárcsázás	10			ápr. 10 - 15.	Kombinátorozás	
		aug. 19. - 24.	Tárcsázás	10			ápr. 17 - 22.	Kukoricavetés	
		szept. 22 - 27.	Szántás	25			szept. 15. - 29.	Kukoricabetakarítás	

2. helyszín: Megyaszó, Újvilágtanya

A terület a Szerencsi Mezőgazdasági Rt. kezelésében van. Újvilágtanyán lévő baromfitelep mellett található. Térszínét tekintve sík. A talaj a genetikai osztályzási rendszer besorolása szerint réti csernozjom, fizikai félesége vályog.

A kísérleti területen feltárt talajszelvény leírása:

A _{SZ}	0-30 cm-ig	Szántott réteg, száraz, alig nedves, szürke színű, vályog fizikai féleségű, kissé morzsalékos, gyökerekkel dúsan átszőtt talaj. A humuszos réteg vastagsága 85 cm. Átmenet a következő szintbe fokozatos.
A ₁	30-60 cm-ig	Szürke színű, kissé nedves, erősen tömődött, de morzsalékosan széteső vályogtalaj. Gyökerekkel dúsan átszőtt. Az eketalp réteg jól elkülönül. A talaj színváltozása nem feltűnő, átmenet a következő szintbe fokozatos.
A _C	60-90 cm-ig	Árnyalattal világosabb, szürkésbarna színű, kissé tömődött, enyhén morzsás vályogtalaj. Gyökerekkel átszőtt, az

előzőnél valamivel nedvesebb, fokozatos, majd hirtelen átmenettel a sárga, homokos altalajba.

C_K 90-120 cm-ig Nedvesebb, sárga, homokos, agyagos lösz. Gyökérmaradványok még találhatóak.

A kísérleti terület talajának fontosabb fizikai és kémiai jellemzőit a 4. táblázatban foglaltam össze.

4. táblázat

A kísérleti terület talajának fontosabb fizikai és kémiai tulajdonságai

MEGYASZÓ-ÚJVILÁGTANYA								
mélység, cm	leiszapolható rész, Li%	Arany-féle kötöttségi szám, K _A	holtvíz HV _{tf} %	hidrolitos acid., Y ₁	kémhatás, H ₂ O	CaCO ₃ %	humusz, %	vízoldható összes só, %
0 - 30	40,25	40	12,54	8,1	7,47	2,3	4,13	0,18
30 - 60	54,45	42	12,93	8,22	7,71	1,8	2,92	0,19

A vizsgálataim évére és az azt megelőző öt évre vonatkozóan a talajművelés sorrendjét és a termesztett növények vetésének és betakarításának időpontjait az 5. táblázatban foglaltam össze. A területet egy közlekedő út osztott ketté T23 és T24-es táblára, amelyek talajművelése eltért egymástól. Alapvető különbség a két tábla között, hogy a méréseimet megelőző két éven belül a T23-as táblában volt altalajlazítás, a másikban nem.

5. táblázat

Talajművelés sorrendje Megyaszó-Újvilágtanya-i területen

T23				T24					
Időpont			Művelet	Munka- mélység (cm)	Időpont			Művelet	Munka- mélység (cm)
Kukorica '96	1995.	aug. 04 - 11.	Mélylazítás	55	Őszi búza '96	95	okt. 27 - 29.	Őszi búza vetés	
		aug. 11 - 20.	Szántás	32		1996.	júl. 28 - aug. 05	Őszi búza betakarítás	
		okt. 6 - 16.	Tárcsázás	10			aug. 05 - 10.	Tárcsázás	10
	1996.	ápr. 04 - 12.	Fogas + simító		Kukorica '97		okt. 03 - 05.	Szántás	32
		ápr. 15 - 20.	Kombinátorozás			márc. 25 - 26.	Tárcsázás	10	
		ápr. 20 - 25.	Kukorica vetés			ápr. 08 - 11.	Kombinátorozás		
		szept. 10 - 30.	Kukorica betakarítás			ápr. 15 - 17.	Kukorica vetés		
		okt. 07 - 15.	Tárcsázás	10					

Őszi búza '97	1997.	okt. 15 - 21.	Tárcsázás	15	Ő. búza '98	1998.	szept. 28 - 30.	Kukorica betakarítás	
		okt. 20 - 27.	Kombinátorozás				okt. 02 - 05.	Tárcsázás	10
		okt. 28 - 30.	Ő. búza vetés				okt. 10 - 14.	Tárcsáz. + gyűrűs heng.	10
	1998.	júl. 28. - aug. 10.	Őszi búza betakarítás			1999.	okt. 27 - 29.	Őszi búza vetés	
		aug. 22 - 27.	Tárcsázás	10			aug. 12 - 17.	Őszi búza betakarítás	
		szept. 04 - 06.	Tárcsázás	10			aug. 20 - 25.	Tárcsázás	10
		dec. 01 - 09.	Szántás	32			okt. 20 - 25.	Szántás	30
							márc. 28 - 30.	Tárcsázás	
	1999.	febr. 29 - 30.	Fogas + simító				ápr. 12 - 14.	Kukoricavetés	
		ápr. 17 - 25.	Kombinátorozás				okt. 10 - 15.	Kukorica betakarítás	
		ápr. 27 - 30.	Kukoricavetés				okt. 15 - 18.	Tárcsázás	10
		okt. 19 - 23.	Kukorica betakarítás				okt. 19 - 28.	Szántás	32
		nov. 02 - 08.	Tárcsázás	10					
		nov. 04 - 16.	Szántás	32					
Kukorica '98	1998.				Kukorica '99	1999.			
Napraforgó '99	1999.	márc. 29 - 30.	Tárcsázás	10					
		ápr. 14 - 15.	Kombinátorozás						
		ápr. 28 - 31.	Napraforgóvetés						
		szept. 08 - 12.	Napraforgó betak.						
		szept. 15 - 20.	Tárcsázás	10					
		szept. 18 - 22.	Középmély lazítás	45					
		szept. 28 - 30.	Kombinátorozás						
		okt. 05 - 08.	Ő. búza vetés						

T23					T24				
Időpont			Művelet	Munka-mélység (cm)	Időpont			Művelet	Munka-mélység (cm)
Őszi búza '00	2000.	júl 20 - 25.	Ő. Búza betakarítás		Kukorica '00	2000.	márc. 24 - 27.	Fogas + simító	
		júl. 25 - 30.	Tárcsázás	10			ápr. 11 - 13.	Kombinátorozás	
		aug. 20 - 24.	Tárcsázás	10			ápr. 18 - 24.	Kukoricavetés	
		nov. 05 - 11.	Szántás	32			okt. 24 - 26.	Kukorica betakarítás	
Kukorica '01	2001.	ápr. 12 - 20.	Kombinátorozás				nov. 05 - 14.	Szántás	32
		ápr. 25 - 29.	Kukoricavetés		Napraforgó '01	2001.	ápr. 04 - 07.	Fogas + simító	
		okt. 24 - 26.	Kukorica betakarítás				ápr. 28 - 30.	Mulcs kultivátorozás	
							ápr. 28 - 30.	Napraforgó vetés	
							szept. 14 - 21.	Napraforgó betakarít.	

3. helyszín: Taktaharkány, Rónahát dűlő

A terület egy mezőgazdasági vállalkozó tulajdona. A talaj a genetikai osztályzási rendszer besorolása szerint agyagos réti talaj, fizikai félesége agyag. Térszínét tekintve sík. A kísérleti területen feltárt talajszelvény leírása:

A _{SZ1}	0-5 cm-ig	Poros, száraz, aprómorzsalékos szerkezetű, sötétszürke felszíni agyagos réteg. Átmenet fokozatos.
A _{SZ2}	5-20 cm-ig	Erősen tömődött, sötétszürke, kagylós törésű, kissé nedves talaj, amely szárazon erősen repedező, szinte oszloposan vagy kockásan töredező talaj, humuszos réteg vastagsága 85 cm. Gyökerekkel átszőtt, melynek zöme szürkeacat és keserűfű.
A _{SZG}	20-40 cm-ig	Feketésszürke, nedves, szerkezet nélkülinek tűnő tömődött, vaskiválásos, fényesen mozaikszerűen márványozott talaj. A kiválások egyértelműen glejesedésre utalnak. Átmenet a következő rétegbe folyamatos.
G ₁	40-60 cm-ig	Világosabb feketés szürke színű, nedves, gyúrható, alsó részén kenődő, fényesen márványozott, vaskiválásos glejes agyag, sárgás, kékes árnyalatokkal tarkázva. Átmenet fokozatos.
G ₂	60-120 cm-ig	Erősen nedves, szinte kenődő, szürke színű, rozsdafoltos, glejes rétegekkel tarkított agyag.

A kísérleti terület talajának fontosabb fizikai és kémiai jellemzőit a 6. táblázatban foglaltam össze.

6. táblázat

A kísérleti terület fontosabb fizikai és kémiai tulajdonságai

TAKTAHARKÁNY-RÓNAHÁTDÜLLŐ								
mélység, cm	leiszapol- ható rész, Li%	Arany-féle kötöttségi szám, K _A	holtvíz HV _{tf} %	hidrolitos acid., Y ₁	kémhatás, H ₂ O	CaCO ₃ %	humusz, %	vízoldható összes só, %
0 - 5	87,91	61	26,94	26,5	5,88	0	4,43	0,1
5 - 20	89,19	68	27,48	34,25	5,39	0	3,85	0,08
20 - 40	89,98	67	27,41	17,5	6,16	0	3,73	0,1
40 - 100	86,12	75	26,78	-	7,03	0	1,14	0,1

A vizsgálataim évére és az azt megelőző négy évre vonatkozóan a talajművelés sorrendjét és a termesztett növények vetésének és betakarításának időpontjait a 7. táblázatban foglaltam össze.

7. táblázat

Talajművelés sorrendje Taktaharkány-Rónahátdüllő-i területen

Időpont			Művelet	Munka- mélység (cm)	Időpont			Művelet	Munka- mélység (cm)
Őszi búza '97	1996.	okt. 02 - 07.	Tárcsázás	15	Kukorica '99	1999.	ápr. 01 - 05.	Tárcsázás	10
		okt. 09 - 14.	Ő. búza vetés				ápr. 08 - 12.	Kombinátorozás	
	1997.	júl. 08 - 12.	Ő. búza betakar.				ápr. 14 - 19.	Kukoricavetés	
		júl. 15 - 19.	Tárcsázás	10			szept. 22 - 27.	Kukorica-betakar.	
		aug. 15 09.	Tárcsázás	10			szept.29-okt.4.	Tárcsázás	10
		aug. 12 - 16.	Szántás	30			okt. 06 - 11.	Tárcsázás	15
Tavaszi árpa '98	1998.	márc. 08- 13.	Fogas + simító		Tavaszi árpa '00	2000.	márc. 06 - 12.	Fogas + simító	
		márc. 15 - 20.	Tárcsázás	10			márc. 15 - 20.	Tárcsázás	10
		márc. 23 - 28.	T. árpa vetés				márc. 22 - 27.	T. árpa vetés	
		júl. 13 - 18.	T. árpa betakar.				júl. 12 - 17.	T. árpa betakar.	
		júl. 20 - 25.	Tárcsázás	10			júl. 19 - 24.	Tárcsázás	10
		szept. 20 - 25.	Mélylazítás	50			szept. 20 - 25.	Tárcsázás	10
		nov. 09 - 14.	Szántás	32			nov. 08 - 13.	Szántás	32
		Kukorica '01	2001.	márc. 01 - 04.			Fogas + simító		Kukorica '01
ápr. 17 - 22.	Kombinátorozás				ápr. 17 - 22.	Kombinátorozás			
ápr. 24 - 29.	Kukoricavetés				ápr. 24 - 29.	Kukoricavetés			
szept. 25 - 30.	Kukorica-betakar.				szept. 25 - 30.	Kukorica-betakar.			

3.1.3. Westsik-féle vetésforgó bemutatása

A homokjavító vetésforgó kísérletek talajtömörödöttségi állapotára gyakorolt hatását a Debreceni Egyetem Kutató Központjának nyíregyházi területén vizsgáltam.

A kísérleti terület talaja futóhomok, amely a területen homokdombok formájában terül el. A változó térszín miatt a terület erősen heterogén.

A kísérleti terület talajának fontosabb fizikai és kémiai jellemzőit a 8. táblázatban foglaltam össze. Az adatok a vizsgált parcellák átlagértékeinek felelnek meg, melyeket a Debreceni Egyetem Nyíregyházi Kutató Állomása bocsátotta rendelkezésemre. A laborvizsgálatokat a Hajdú-Bihar Megyei Növény- és Talajvédelmi Szolgálat Talajvédelmi Laboratóriuma végezte.

8. táblázat

A kísérleti terület talajának fontosabb fizikai és kémiai tulajdonságai

NYÍREGYHÁZA, WESTSIK-FÉLE HOMOKJAVÍTÓ KÍSÉRLETI TERÜLET								
mélység, cm	leiszapol- ható rész, Li%	Arany-féle kötöttségi szám, K _A	holtvíz HV _{tf} %	hidrolitos acid., Y ₁	kémhatás, H ₂ O	CaCO ₃ , %	humusz, %	vízoldható összes só, %
0 - 35	-	25	-	9,5	5,53	0	0,39	< 0,02
35 - 90	-	28	-	3,25	6,43	0	0,11	< 0,02
90 - 150	-	26	-	2,5	6,69	0	0,09	< 0,02

Westsik Vilmos 1929-ben indította el a homokjavító vetésforgó kísérleteit, amely a világon egyedülálló módon modellezi a parlagoltatás, szalma-, istálló-, zöld- és gyökértrágyázás talaj termékenységére és szerkezetességére gyakorolt hatását LAZÁNYI (1994). Méréseimet az öt legjellemzőbb vetésforgóban végeztem el. A vetésforgók három szakaszra oszlanak. A kísérletek beindítása idején a statisztikai módszerek még nem terjedtek el, ezért a kezeléseket ismétlések nélkül állították be oly módon, hogy a kiterített vetésforgóban minden növényt minden évben elvetették.

A vizsgált vetésforgók jellemzése:

I. vetésforgó Parlagoltatás

Az I. vetésforgó a hagyományos gazdálkodási formát modellezi, Westsik Vilmos kontrollként állította be. A háromszakaszos vetésforgóban a burgonya és rozs mellett a termőföld parlagoltatása szerepelt.

Vetésforgó szakaszai:

1. szakasz: parlag, gyomnövényeket virágzás előtt alászántjuk;
2. szakasz: rozs, műtrágyázás nélkül;
3. szakasz: burgonya, műtrágyázás nélkül.

II. vetésforgó Csillagfürt zöldtrágyázással végzett talajjavítás

Talajjavítás fővetésű csillagfürt zöldtrágyával történik. A burgonya és a rozs termesztése mellett csillagfürtös zöldtrágyázás folyt úgy, hogy a cél elérése érdekében a fővetésű zöldtrágya-növények termesztése során a vegetációs időszak nagy részét használják fel és a legnagyobb szervesanyag-hozam idején szántsák alá.

Vetésforgó szakaszai:

1. szakasz: fővetésű csillagfürt zöldtrágya P, K műtrágyázással;
2. szakasz: rozs P, K műtrágyázással;
3. szakasz: burgonya N műtrágyázással.

III. vetésforgó Homokjavítás csillagfürt gyökertrágyázással

A talajjavítás csillagfürt gyökertrágyázással történik. A pillangósvirágú növények termesztésével a nitrifikáció folyamán megkötött nitrogénnek csak egy része kerül betakarítása, a másik, az előbbinél jelentősebb része visszamarad a talajban. A pillangósnövények gyökér- és szármaradványának kedvező C/N aránya miatt lebomlása gyors, belőlük jó minőségű humusz képződik, melynek növénytapláló hatása kiváló.

Vetésforgó szakaszai:

1. szakasz: fővetésű csillagfürt magnak P, K műtrágyázással;
2. szakasz: rozs P, K műtrágyázással;
3. szakasz: burgonya N műtrágyázással.

IV. vetésforgó Szalmával végzett homokjavítás

A nyers szalmatrágyával végzett homokjavítás lényegében nem más, mint amit a legtöbb nyugat-európai farmer tesz, amikor az aratással egy időben a szalmát felszecskázva visszajuttatja a talajba. Természetesen a szervesanyag lebomlásának segítése érdekében nitrogén műtrágyát is alkalmaznak.

Vetésforgó szakaszai:

1. szakasz: rozs, előtte szalma és N, P, K műtrágyázás;
2. szakasz: burgonya, N, P, K műtrágyázással;
3. szakasz: rozs műtrágyázás nélkül.

V. vetésforgó Homokjavítás istállótrágyázással

Homokjavítás céljára kijuttatandó szervesanyagot a terület istállótrágya formájában kapja meg.

Vetésforgó szakaszai:

1. szakasz: zabosbükköny istállótrágyázással és P, K műtrágyázással;
2. szakasz: rozs magnak P, K műtrágyázással;
3. szakasz: burgonya N műtrágyázással.

Méréseimet a vizsgált parcellák burgonyával beültetett területén végeztem. Ezen területek talajművelésének sorrendjét és a termesztett növények vetésének, illetve ültetésének, valamint betakarításának időpontjait a 9. táblázatban foglaltam össze a vizsgálataim évére és az azt megelőző két évre vonatkozóan. Az ezt megelőző időszakban a talajművelések a vetésforgók ismétlődésének megfelelően történtek.

9. táblázat

Talajművelés sorrendje Westsik-féle homokjavító kísérleti területen

CSILLAGFÜRT ZÖLDTRÁGYA					CSILLAGFÜRT GYÖKÉRTRÁGYÁZÁS					PARLAGOLTATÁS				
Időpont			Művelet	Munka- mélység (cm)	Időpont			Művelet	Munka- mélység (cm)	Időpont			Művelet	Munka- mélység (cm)
Csillagfürt zöldtrágya '96	1995.	okt. 16.	Tárcsázás	10	Csillagfürt gyökértrágyázás '96	1995.	okt. 15.	Tárcsázás	10	Parlag '96	1995.	okt. 13.	Tárcsázás	10
		okt. 18.	Szántás	25			okt. 15.	Szántás	25			okt. 16.	Szántás	25
	1996.	márc. 19.	Kombinátorozás			1996.	márc. 19.	Kombinátorozás			1996.	máj. 06.	Tárcsázás	10
		márc. 20.	Csillagfürtvetés				márc. 20.	Csillagfürtvetés				jún. 06.	Szántás	17
		márc. 20.	Gyűrűs hengerezés				márc. 22.	Gyűrűs hengerezés				júl. 30.	Tárcsázás	10
		jún. 25.	Csill.f. alászántás	23			júl. 30.	Csill.f. betakarítás				aug. 22.	Tárcsázás	10
		szept. 20.	Tárcsázás	10			aug. 02.	Tárcsázás	10			szept. 20.	Szántás	25
		szept. 23.	Szántás	20			szept. 18.	Tárcsázás	10			szept. 23.	Kombinátorozás	
		szept. 24.	Kombinátorozás				szept. 20.	Szántás	22			szept. 25.	Rozsvetés	
		szept. 26.	Rozsvetés				szept. 21.	Kombinátorozás		Rozs '97	1997.	júl. 11.	Rozs betakarítás	
		szept. 27.	Gyűrűs hengerezés				szept. 25.	Rozsvetés				aug. 05.	Tárcsázás	10
Rozs '97	1997.	júl. 12.	Rozs betakarítás		Rozs '97	1997.	júl. 11.	Rozs betakarítás				okt. 13.	Tárcsázás	10
		aug. 05.	Tárcsázás	10			aug. 05.	Tárcsázás	10			okt. 15.	Szántás	25
		okt. 13.	Tárcsázás	10			okt. 13.	Tárcsázás	10	Burgonya '98	1998.	ápr. 15.	Kombinátorozás	
		okt. 15.	Szántás	25			okt. 15.	Szántás	25			ápr. 16.	Burgonya ültetés	
Burgonya '98	1998.	ápr. 15.	Kombinátorozás		Burgonya '98	1998.	ápr. 15.	Kombinátorozás				máj. 02.	Töltögetés	
		ápr. 16.	Burgonya ültetés				ápr. 16.	Burgonya ültetés				szept. 10.	Burgonya betak.	
		máj. 04.	Töltögetés				máj. 04.	Töltögetés				okt. 13.	Tárcsázás	10
		szept. 10.	Burgonya betakarít.				szept. 10.	Burgonya betakarít.				okt. 15.	Szántás	25
		okt. 13.	Tárcsázás	10			okt. 13.	Tárcsázás	10					
		okt. 15.	Szántás	25			okt. 15.	Szántás	25					

9. táblázat folytatása

SZALMATRÁGYÁZÁS					ISTÁLLÓTRÁGYÁZÁS				
Időpont			Művelet	Munka- mélység (cm)	Időpont			Művelet	Munka- mélység (cm)
Rozs + szalma trágyázás '96.	1995.	szept. 20.	Szántás	25	Zabosbüköny '96	1995	okt. 13.	Ist.trágya szórás + tárcsázás	12
		szept. 22.	Kombinátorozás				okt. 16.	Szántás	25
		szept. 25.	Rozsvetés				márc. 12.	Kombinátorozás	
	1996.	júl. 12.	Rozs betakarítás			1996.	márc. 12.	Zabosbüköny-vetés	
		júl. 18.	Szalma-szétterítés				márc. 12.	Gyűrűs hengerezés	
		júl. 19.	Tárcsázás (sz. bed.) 2x	12			jún. 26.	Kaszálás	
		szept. 19.	Tárcsázás	10			aug. 05.	Tárcsázás	10
		szept. 20.	Szántás	22			szept. 18.	Tárcsázás	10
		szept. 22.	Kombinátorozás				szept. 19.	Szántás	22
		szept. 25.	Rozsvetés				szept. 22.	Rozsvetés	
	1997.	júl. 11.	Rozs betakarítás			1997.	júl. 11.	Rozs betakarítás	
		aug. 05.	Tárcsázás	10			aug. 05.	Tárcsázás	10
		okt. 13.	Tárcsázás	10			okt. 03.	Tárcsázás	10
		okt. 18.	Szántás	25			okt. 17.	Szántás	25
Burgonya '98	1998.	ápr. 15.	Kombinátorozás		Burgonya '98	1998.	ápr. 15.	Kombinátorozás	
		ápr. 16.	Burgonyaültetés				ápr. 16.	Burgonyaültetés	
		máj. 01.	Töltögetés				máj. 01.	Töltögetés	
		szept. 10.	Burgonya betakarít.				szept. 10.	Burgonya-betakarítás	
		szept. 21.	Szántás	22			okt. 14.	Ist.trágya szórás + tárcsázás	10
		szept. 22.	Kombinátorozás				okt. 15.	Szántás	25
		szept. 25.	Rozsvetés						

3.2. A kutatáshoz használt vizsgálati módszerek, eljárások és eszközök

3.2.1. A talajmechanikai ellenállás és nedvesség mérési módszere és eljárása

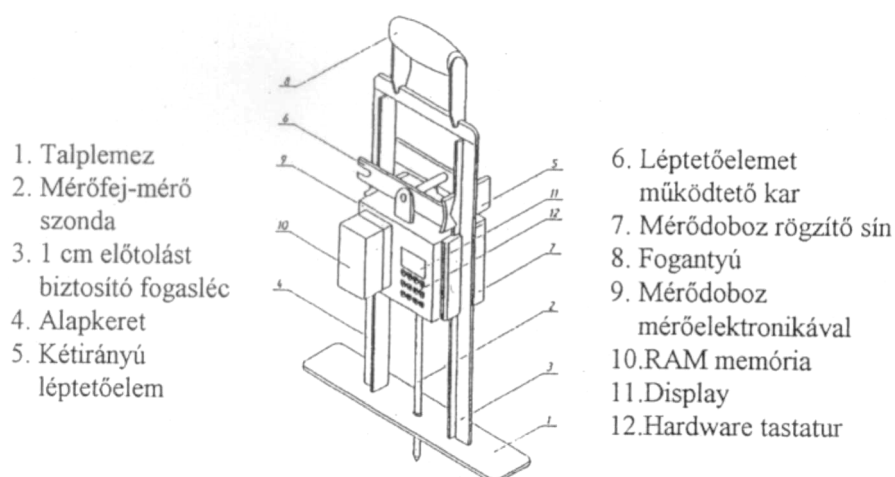
A talaj ellenállásának és nedvességtartalmának méréshez a 3T SYSTEM termőhelyi talajteszttert használtam (13. ábra).

A mérőberendezést egyszerű és speciálisan kiképzett mechanikus és digitális elektronikai elemek felhasználásával alakították ki.

Három mélységi talajszint 0-40, 0-60, illetve 0-95 cm mérésére alkalmas változatban készül. A berendezés 1 cm-es talajrétegenként folyamatosan és összetartozóan méri a talaj nedvességtartalmát és tömödöttségét, illetve penetrációs ellenállását. A talaj nedvességtartalmát a szántóföldi vízkapacitás (pF 2,5) %-ban kifejezett részarányaként, a penetrációs ellenállását kPa-ban méri.

Kalibrálás nélkül a szélsőségek kivételével (kavics, kotu-, láptalaj) minden fizikai talajféleség egyszerűen végrehajtható módszerrel mérhető. A mérés olyan egységekben történik, amely lehetővé teszi a különböző talajokon belüli állapotok közvetlen összehasonlítását. Az 1 cm-enként mért összetartozó adatpárokat (nedvesség, behatolási ellenállás) memóriában tárolja, ezáltal biztosítja a későbbi számítógépes kiértékelést, illetve adatbank létrehozását.

A mérőműszer szerkezeti kialakítása 13. ábrán látható.



13. ábra A 3T SYSTEM mérőműszer felépítése

A mérés egy alapkeretbe (4) foglalt szabványos (MSZ 08-1784-83) 60°-os kúpszögű szondaszár (2) kúpjának a talajban történő 1 cm-es rétegenkénti szakaszolt előrehaladásával történik. A szondaszár kúpos végében (2) szigetelten van elhelyezve a talajnedvességet érzékelő oszcillátor rendszer. A szondaszár felső része a rögzítőszínnel (7) az alapkerethez (4) felfogott mérőegység dobozában biztonsági házában (9) elhelyezett erőmérő cellához csatlakozik. Itt található a nedvességmérés elektronikus egysége is. A mérőegység dobozában történik az érzékelt jelek feldolgozása, kiértékelése, a vizsgált paraméterek LCD-kijelzőn (11) való helyszíni kijelzése, valamint a mérési adatok RAM memóriában (10) való tárolása. A házban foglalnak helyet a mérés egyes funkcióit vezérlő és beállító kezelőgombok (12) is. A mérőszonda folyamatos sebességű talajba juttatása, illetve a mérés befejezése után a talajból való kiemelése a léptetőelemet működtető mechanizmusokkal (5, 6) történik. A mechanizmus az alapkeret egyik szárán pontosan 1 cm osztástávolságú kétoldali fogazással van ellátva (3). A fogakba illeszkedő kilincsszerű mechanikai áttétel (5) úgy van kialakítva, hogy kézi erővel könnyen biztosítható a szonda (2) függőleges helyzetben való talajba nyomása, illetve kiemelése a kilincsmű átváltása után. A talaj felszínére merőleges szonda behatolást és a talaj ellenállásával szembeni ellentartás a talplemez (1), illetve a mérést végző személy, személyek súlyerejével biztosítja.

A mérés folyamán a szabványos (60°-os MSZ 08-1784-83) kúpos végű keretbe foglalt, minden esetben 1 cm-es talajréteg vizsgálatát biztosító szonda a talaj vizsgálati felületére merőlegesen hatol a talajba. A mérőberendezés a talajjal való érintkezés révén végzi – zártláncú folyamatban – a mérést 1 sec nagyságú elektronikus mintavételi időtartam alatt. A mérőszonda mintavételi ideje állandó és az elektronikus hardware révén biztosított. A vizsgálati adat mintavételéhez szükséges idő alatt az érzékelést végző mérőkúp elmozdulása elhanyagolhatóan kicsi (0,005-0,02 mm). A mérőkúp és az azzal közvetlenül szerkezeti egységként működő szonda, mérővizsgálat közbeni mozgási sebessége kvázi állandó (0,005-0,02 m/sec).

A vizsgált talajrétegen belül a talajrétegre jellemző mérési értékek meghatározása törvényszerűen mindig ugyanabban a pozícióban a rétegvastagság felénél (0,5 cm) történik. A mérővizsgálati pontatlanság az elektronikus feldolgozás segítségével $\pm 2,5\%$ -on belül marad.

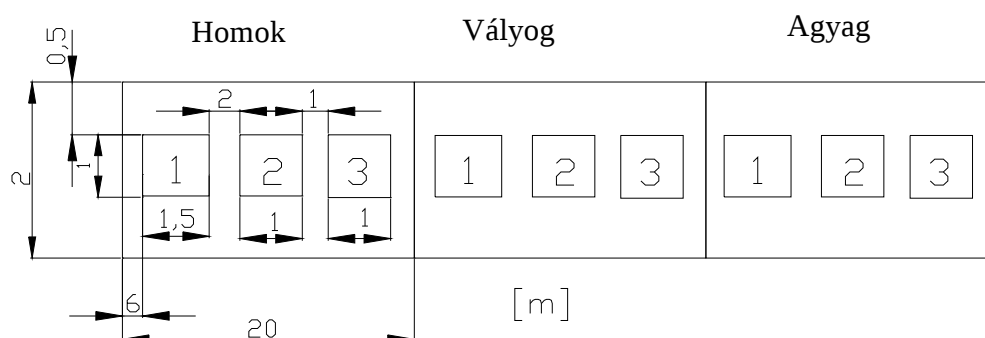
3.2.2. A talaj térfogattömegének mérési módszere és eljárása

A talaj térfogattömegét eredeti szerkezetű (bolygatatlan) talajminták segítségével állapítottam meg. A mintavételezéshez szelvénygödröt ástam, melynek egyik oldalát 10 cm-ként lépcsőzetesre alakítottam ki. A mintákat műanyag fedelekkal zárható 100 cm³-es mintavevő hengerekbe vettem. A mintavevő hengerek talajba süllyesztésére speciálisan kialakított beütött és gumikalapácsot használtam. A kialakított 10 cm-es rétegekből 3-3 mintát vettem a Talaj- és Agrokémiai vizsgálati módszertanban (BUZÁS, 1993) megadottak alapján. A térfogattömeget a szárítószekrényben 105 °C-on történő szárítás után kapott száraztalaj tömegének és a henger térfogatának hányadosával számítottam ki. Az egyes rétegekhez tartozó 3 térfogattömeg-értéket átlagoltam.

3.2.3. A talajmechanikai ellenállás és nedvesség mérési módszere és eljárása a „nyíltszíni mérőrendszerben”

A talajellenállás és nedvesség közötti összefüggések meghatározásához szükséges méréseimet a 3.1. fejezetben ismertetett „nyíltszíni mérőrendszerben” végeztem. A fent említett fejezetben ismertetett talajfeltöltési mód tette számomra lehetővé, hogy vízszintes síkokban homogén kvázi talajrétegenként azonos térfogattömegű talajokban végezhessek talajellenállás és nedvesség méréseket.

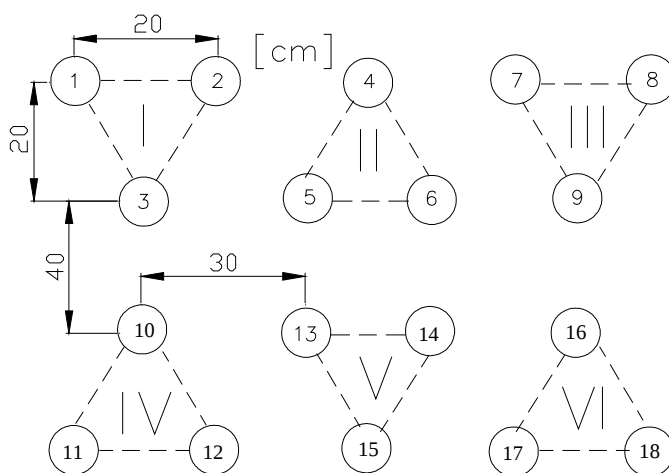
A „nyíltszíni mérőrendszerben” háromféle vizsgálatot végeztem. A háromféle vizsgálat „nyíltszíni mérőrendszerben” történő elhelyezkedését mutatja a 14. ábra



1 – térfogattömeg mérés, 2 – tenyészidőszakra kiterjedő talajellenállás és nedvesség mérése, 3 – homogenitás vizsgálat

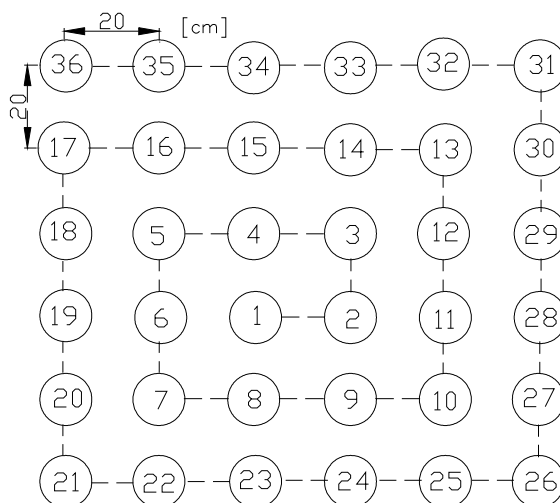
14. ábra Vizsgálatok elhelyezése a „nyíltszíni mérőrendszerben”

Első lépésként a vizsgálati területek vízszintes síkonkénti homogenitásának ellenőrzésére végeztem méréseket 1998. március 10-én. A 3T SYSTEM termőhelyi talajteszterrel mértem a talaj ellenállását és nedvességét 60 cm-es mélységtartományig. A 18 mérési pontot az 15. ábrán bemutatottak szerint helyeztem el. A 3.2.6. fejezetben ismertetett egytényezős variancia analízissel vizsgáltam, hogy egy-egy 5 cm-es rétegben a mérési helyek (I – VI) között van-e statisztikailag is igazolható különbség.



15. ábra Mérési pontok elhelyezkedése a homogenitás vizsgálatához

Ezt követően kezdtem el a teljes tenyésztidőszakra kiterjedő talajellenállás és nedvesség közötti összefüggések meghatározása érdekében végzett méréseimet. A vizsgálat során a tenyésztidőszakban (1998. március-október) homok, vályog, anyag fizikai talajféleségenként 36-36 mérést végeztem azonos időközönként. A mérési pontok elhelyezését és időrendi sorrendjét mutatom be a 16. ábrán.



16. ábra Mérési pontok elhelyezése és időrendi sorrendje
a „nyíltszíni mérőrendszerben”

Egy-egy mérőpontban 60 cm-es mélységig mértem a 3T SYSTEM termőhelyi talajteszterrel a talaj ellenállást és nedvességét. Az összetartozó ellenállás nedvességértékek ponthalmazát koordináta rendszerben ábrázoltam, és az ezekre történő függvényillesztést is elvégeztem az Excel táblázatkezelő program segítségével.

A tenyészidőszak közepén, 1998. júliusában vizsgáltam meg a három eltérő fizikai féleségű (homok, vályog, agyag) talaj térfogattömeg-értékeit. A 3.2.2. fejezetben leírt módon mind három fizikai féleségű talajnál a 0-60 cm közötti mélységtartományban 10 cm-es rétegenként.

3.2.4. A művelési rendszerek talajtömörödöttségére gyakorolt hatásának vizsgálata

Ide vonatkozó méréseimet 3.1. fejezetben bemutatott humuszos homok, réti csernozjom, agyagos réti talajokon végeztem.

A művelt területek mellett mind három talaj esetében kiválasztottam művelés nélküli (természetes körülmények közti) területeket, ahol több évtizede művelés, illetve a területen géppel való járás nem történt. Ezeket a területeket a táblák szélén elhelyezkedő védőfasávban jelöltem ki, olyan helyen, amelyek fa gyökérzetektől mentesek voltak. A tenyészidőszakban végzett méréseimet egy előre kijelölt 4 m²-es területen belül végeztem. A művelt területeken a mérések helyét a védőfasáv szélétől 50 m-rel beljebb jelöltem ki, az erő- és munkagépek forduló területeinek elkerülése miatt. Így a művelés nélküli és művelt terület mérési helyei között 50 m-nél nem volt nagyobb távolság. A réti csernozjom talaj esetében ahol a szántással és szántás + lazítóval is kezelt területeken is tudtam méréseket végezni a két területet elválasztó közlekedő úttól 20-20 m-rel beljebb jelöltem ki a mérés területét. Itt az erő- és munkagépek forduló területei a tábla másik szélére estek, ahol a védőfasáv is elhelyezkedett. Ebből az irányból 50 m távolságot tartottam a mérési területig. A tenyészidőszak alatt méréseimet egy előre kijelölt 20 m²-es (4x5 m) területen belül végeztem, melyből 8 m²-t a kultúr- és gyomnövény folyamatos eltávolításával növényzetmentesen tartottam. Egy-egy vizsgálati időpontban talajtípusonként és mérőhelyenként (művelés nélküli, művelt növényvel fedett és nem fedett) 3-3 mérést végeztem. Minden egyes mérési pontban a 3T SYSTEM termőhelyi talajteszterrel mértem a talaj ellenállását és nedvességét 60

cm-es mélységig. A növényvel fedett területeken a méréseket a sorközökben végeztem el.

A tenyészydőszakban végzett mérések időpontjait a 10. táblázatban foglaltam össze.

10. táblázat

Termőhelyi mérések időpontjai a tenyészydőszak alatt

	Nyírtelek- Ferenc tanya	Megyaszó- Újvilágtanya	Taktaharkány- Rónahát dűllő
Tenyészydőszak eleje	2001. április 24.	2001. április 29.	2001. április 29.
Tenyészydőszak közepe	2001. július 26.	2001. július 3.	2001. július 3.
Tenyészydőszak vége	2001. szeptember 6.	2001. szeptember 7.	2001. szeptember 7.

A különböző művelések összehasonlítása érdekében mért talajellenállás és nedvesség értékeket 5 cm-es talajrétegnek megfelelően mérőhelyenként átlagoltam. Majd az egy-egy időpontban (tenyészydőszak eleje, közepe, vége) mért talajellenállás és nedvesség értékeket művelési rendszerenként külön görbékkel ábrázolva közös koordináta rendszerbe jelenítettem meg. A művelési rendszerek között jelentkező különbségeket a 3.2.6. fejezetben ismertetett statisztikai módszerrel elemeztem. Egy-egy művelésen belül a tenyészydőszakban bekövetkező változásokat szintén közös koordináta rendszerben jelenítettem meg és statisztikai módszerrel elemeztem.

A tömörödöttségi állapotok jellemzése érdekében a 4.2. fejezetben ismertetett módszer segítségével azonos nedvességi értékekre az összehasonlításokban szereplő eredeti nedvességértékek átlagára átszámolt ellenállásértékekkel végeztem el a művelési rendszerek talajtömörödöttségi állapotára gyakorolt hatásának elemzését.

3.2.5. Talajállapot-vizsgálatok a homokjavító vetésforgókban

A talaj tömörödöttségi állapotát a behatolási ellenállás értékeivel jellemeztem. A talaj ellenállásának és nedvességének mérésre a 3T SYSTEM termőhelyi talajtesztet használtam. Egy-egy mérőpontban 60 cm-es mélységig mértem. Méréseket a 3.1. fejezetben bemutatott parcellákon végeztem a burgonyával beültetett területeken 1998. július 01-14. között. Egy-egy parcellán öt-öt mérőhelyen (nyugati domboldal, nyugati domboldal, dombtető, keleti domboldal, keleti domboldal), mérőhelyenként 3-3 mérést

végeztem a növények sorközében. A különböző vetésforgók összehasonlítása érdekében mért talajellenállás és nedvesség értékeket 5 cm-es talajrétegeknek megfelelően mérőhelyenként átlagoltam. Majd az egy-egy mérőhelyen (nyugati domboldal, nyugati domboldal, domb-tető, keleti domboldal, keleti domboldal) mért talajellenállás és nedvesség értékeket vetésforgóként külön görbékkel ábrázolva közös koordináta rendszerben jelenítettem meg. A tömörödöttségi állapotok jellemzése érdekében a 4.2. fejezetben ismertetett módszer segítségével az összehasonlításokban szereplő eredeti nedvességértékek átlagára átszámolt ellenállásértékkel végeztem el a vetésforgók talajtömörödöttségi állapotára gyakorolt hatásának vizsgálatát.

A vetésforgók hatásai között jelentkező különbségeket a 3.2.6. fejezetben ismertetett statisztikai módszerrel elemeztem. Mivel a terület kelet-nyugat irányban homokdomb formájában helyezkedik el, a változó térszín miatt a terület talaja heterogén. Ennek megfelelően a kezelésenkénti öt-öt mérőhely között külön-külön végeztem el az összehasonlítást. Az öt mérőhelyen együttesen, illetve nagyobb hányadában jelentkező hatásokat tekintettem a területre jellemzőeknek.

3.2.6. Vizsgálati adatstruktúra és kiértékelési algoritmus

A 3T SYSTEM termőhelyi talajteszter mérési eredményeinek (penetrációs ellenállás és talajnedvesség-érték) grafikus megjelenítésére és összehasonlítására az Excel 2000 táblázatkezelő programot használtam. A „nyíltszíni mérőrendszerben” a tenyészedőszakban felvett összetartozó talajellenállás-nedvesség értékek ponthalmazára, szintén az Excel program segítségével végeztem függvényillesztéseket. A különböző összehasonlítások statisztikai igazolására véletlen blokk elrendezésű egytényezős variancia analízist alkalmaztam (SVÁB, 1981).

4. VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI

4.1. A talajmechanikai ellenállás nedvesség és térfogattömeg szerinti vizsgálata

Mielőtt a talajellenállás és nedvesség közötti kapcsolat felvétele érdekében elkezdtem volna a méréseket, a 3.2.3. fejezetben leírtak szerint ellenőriztem a „nyíltszíni mérőrendszerben” elhelyezett talajok vízszintes síkonkénti homogenitását. A mérések eredményét az 1-6. sz. mellékletben szereplő táblázatok adják meg.

A táblázatokból látható, hogy egyik talajrétegben sem kaptam a mérési helyek között szignifikáns különbséget, így a területek vízszintes síkokban homogénnek tekinthetők. Természetesen függőleges irányban a „nyílszíni mérőrendszerbe” betöltött talajok ülepedésének hatására rétegenként különböző térfogattömeg-értékek alakultak ki, melyek befolyásolják a talajellenállás és nedvesség értékeket és a közöttük lévő összefüggést. Ezért a 3.2.2. fejezetben leírtak szerint megmértem patronos mintavétellel a vizsgálatba bevont talajok 0-60 cm-ig terjedő 10 cm-es rétegeinek térfogattömeg-értékeit. Mérés eredményét a 11. táblázatban adom meg.

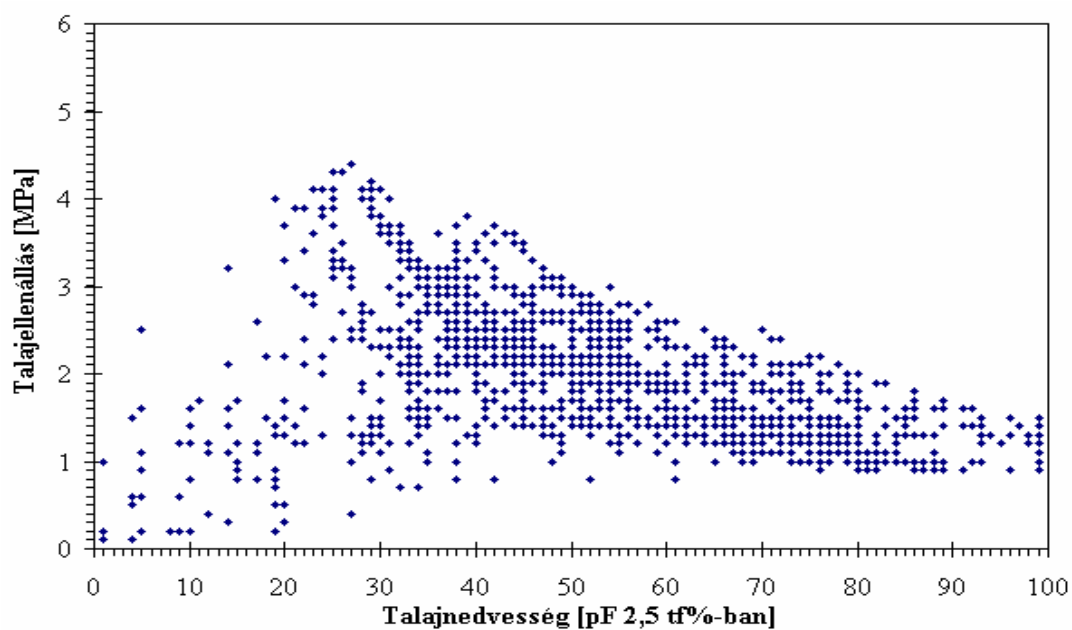
11. táblázat

A nyíltszíni mérőrendszerben elhelyezett talajok térfogattömeg-értékei mérési szintenként

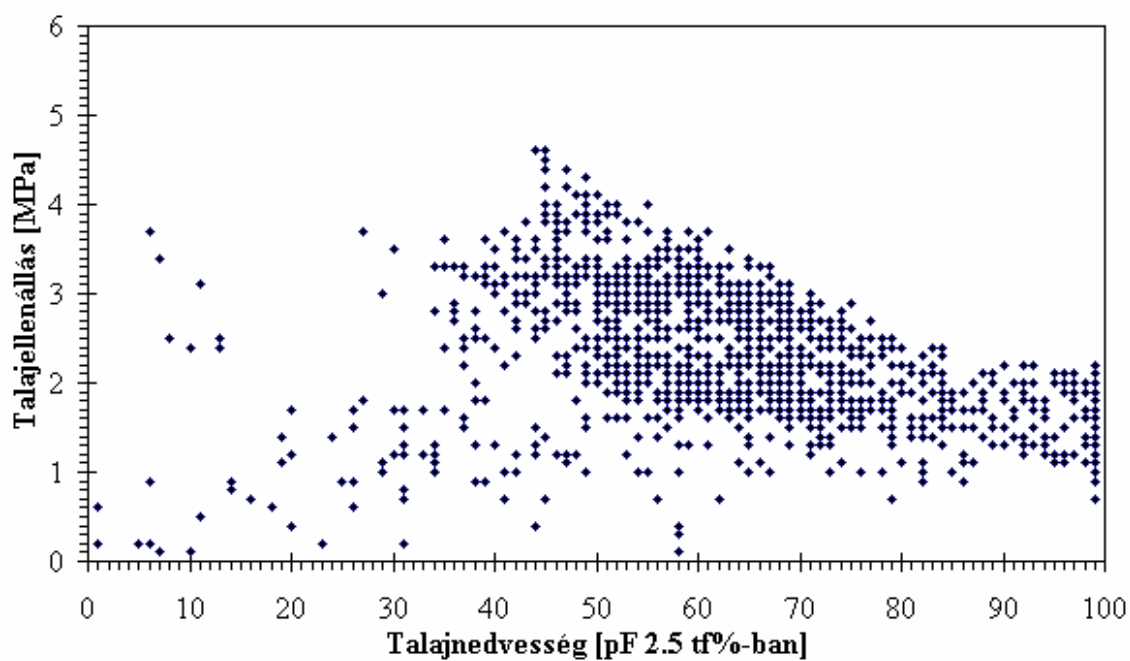
Mélység (cm)	Térfogattömeg-érték (g/cm ³)		
	homok	vályog	agyag
0 – 10	1,19	1,15	1,16
10 – 20	1,30	1,17	1,19
20 – 30	1,32	1,20	1,22
30 – 40	1,33	1,22	1,26
40 – 50	1,43	1,32	1,30
50 – 60	1,38	1,27	1,29

A táblázat térfogattömegének 10 cm-enkénti rétegének változást mutatja a vizsgált három fizikai féleségű talajon. Az egy méter mélységű eredeti szerkezetű alján és oldalán szigetelt betonvályúba helyezett talajok felső 50 cm-es rétegében a térfogattömeg változása a talajféleségeként egyöntetűen növekvő. Az 50-60 cm-es réteg a 40-50 cm réteghez képest mindegyik talajon csökkenést mutat.

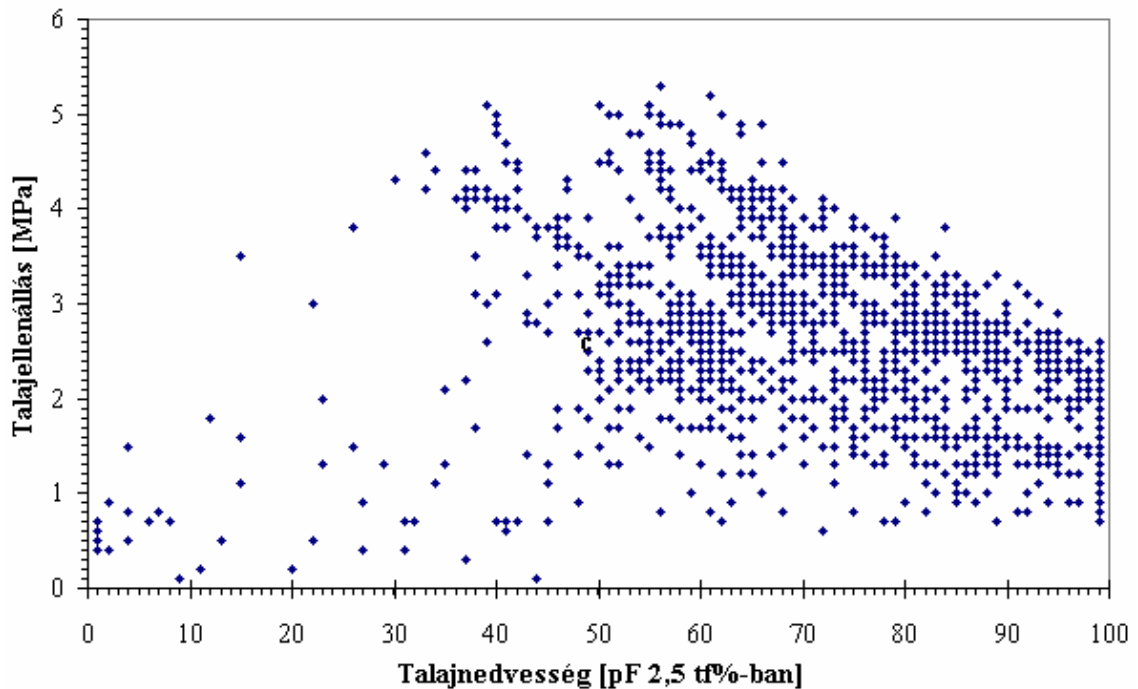
A talajellenállás és nedvesség közötti összefüggések meghatározása érdekében a 3.2.3. fejezetben leírtak szerint a teljes tenyészidőszakban talajtípusonként 36-36 mérést végeztem, így típusonként 2160 összetartozó ellenállás-nedvesség értéket kaptam. A vizsgált három fizikai féleségű talajon (homok, vályog, agyag) felvett összetartozó talajellenállás és nedvesség értékek ponthalmazát az 17. ábrán mutatom be.



17/a ábra Nyíltszíni mérőrendszerben felvett talajellenállás- és nedvesség értékek
ponthalmaza homok talaj esetén



17/b ábra Nyíltszíni mérőrendszerben felvett talajellenállás- és nedvesség értékek
ponthalmaza vályogtalaj esetén

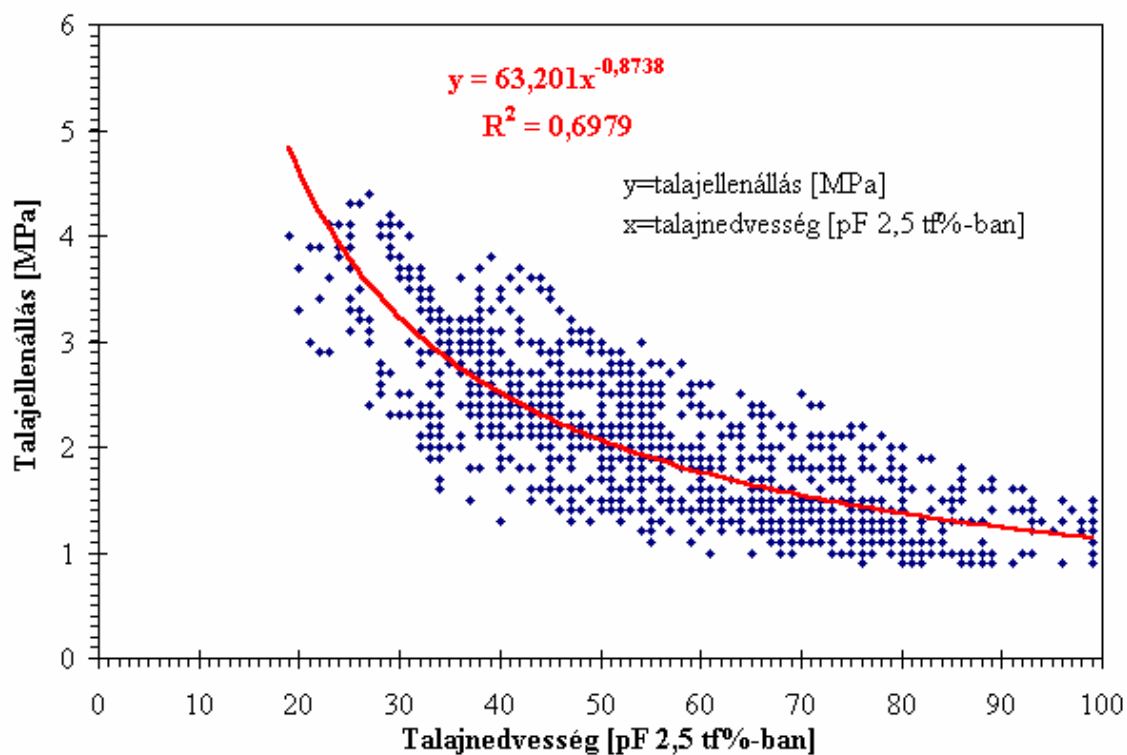


17/c ábra Nyíltszíni mérőrendszerben felvett talajellenállás- és nedvesség értékek
ponthalmaza agyagtalaj esetén

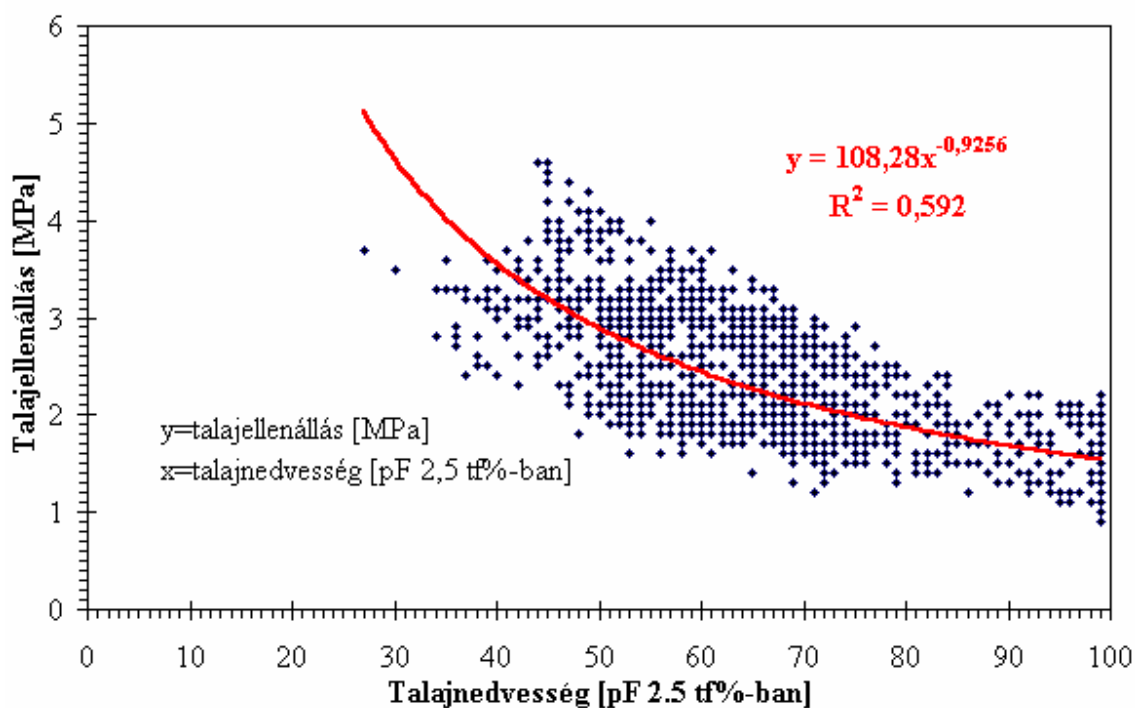
A háromféle talajon mért talajellenállás-nedvesség vizsgálati adathalmazainak közös vonása, hogy a talajfelszínhez közeli mélységtartományában nagy szórást mutatnak. Míg a talaj mélyebb rétegeiben azonos jellegű trendet formálnak. Erre a szakirodalomban ismert talajfelszín effektus miatt számíthattam is, mivel a talajfelszín effektus miatt a felszín közelében nem lehet az ellenállás-értékeket penetrométeres mérésekkel pontosan meghatározni, és így a tényleges ellenállás-értékeknél lényegesen kisebb értékeket mérhetünk.

A felszín effektust a felső lazább talajréteg, valamint az váltja ki, hogy a penetrométer kúp alakú szondáját a felszín közelében a talajrészecskék nem veszik teljesen körül, és mikor a szonda a mélyebb rétegekben jár, a talajrészecskék a szonda nyomására lefelé és oldal irányban mozdulnak el. ROHANI et al. (1981) vizsgálatai azt mutatták, hogy a jelenség akkor szűnik meg, ha a penetrációs mélység eléri a szonda végén található kúp magasságának hatszorosát.

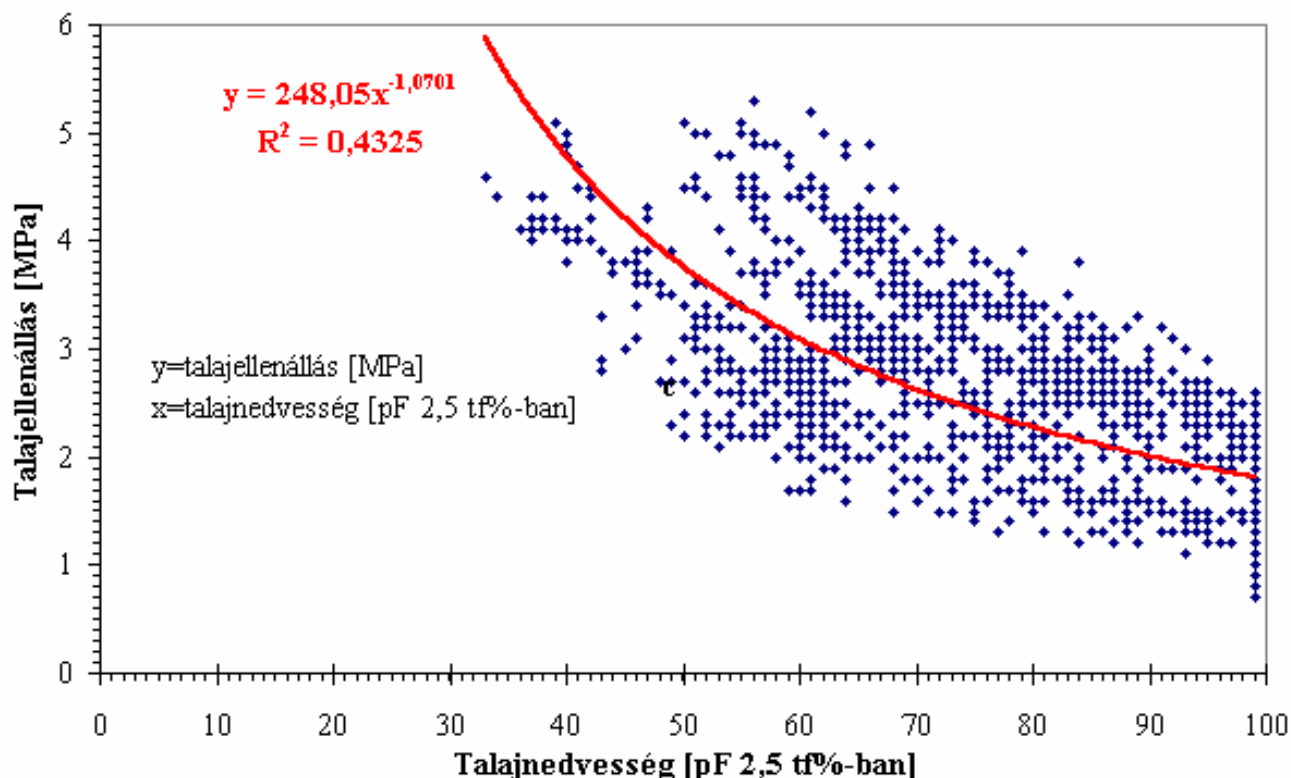
A fentiek miatt a felső talajrétegben mért ellenállás nedvesség értékeket 1 cm-es rétegenként fokozatosan elhagytam az ábrázolt ponthalmazból. 5 cm-es talajmélység után már a ponthalmazok lényegesen jobb képet mutattak (18. ábra).



18/a ábra Nyíltszíni mérőrendszerben felvett talajellenállás- és nedvesség értéke
ponthalmaza homoktalaj esetén, 5-60 cm-es talajmélységben



18/b ábra Nyíltszíni mérőrendszerben felvett talajellenállás- és nedvesség értéke
ponthalmaza vályogtalaj esetén, 5-60 cm-es talajmélységben



18/c ábra Nyíltszíni mérőrendszerben felvett talajellenállás- és nedvesség értéke
ponthalmaza agyagtalaj esetén, 5-60 cm-es talajmélységben

Az így kapott ponthalmazokra az Excel program által felkínált lehetséges függvényillesztéseket elvégeztem.

A legjobb illesztést KOCSIS et al., (1992) által ajánlott hiperbolához közeli negatív kitevőjű hatvány függvényekkel kaptam. Kisebb nedvességtartományban 100 tf% felé közelítve RÁTONYI (1999) szerinti lineáris függvényillesztéssel is jól közelíthetők voltak a ponthalmazok. Az általam mért szélesebb nedvességtartományban azonban a hiperbola függvényekhez közeli negatív hatványkitevőjű függvények adták a jobb illesztést.

Ezekre a ponthalmazokra azonban még csak gyenge illeszkedést mutató determinációs tényezőket kaptam. Homok fizikai féleségű talajnál $R^2 = 0,6979$, vályog fizikai féleségű talajnál $R^2 = 0,592$, agyag fizikai féleségű talajnál $R^2 = 0,4325$ értékek adódtak.

Mivel a talajellenállás és nedvesség értékek kapcsolatát a térfogattömeg-értékek is befolyásolják, ezért a 10 cm-es rétegenként mért térfogattömeg-értékeknek megfelelően a ponthalmazokat 10 cm-es mélységtartományonként szétbontottam.

Ezekre a ponthalmazokra is elvégeztem a függvényillesztést. A függvényillesztések eredményét a 12. táblázatban foglaltam össze.

12/a táblázat

Homok, fizikai féleségű talajok tízcentiméterenkénti rétegeiben mért ponthalmazaira illesztett függvények egyenletei

Mélység [cm]	Homok				
	Térfogattömeg-érték (g/cm ³)	Egyenlet	R	p (F)	p (t)
5-10	1,19	$y=8,0144x^{-1,0172}$	0,9448	< 0,0001	< 0,0001
10-20	1,30	$y=23,38x^{-1,2391}$	0,9740	< 0,0001	< 0,0001
20-30	1,32	$y=21,939x^{-1,1969}$	0,9692	< 0,0001	< 0,0001
30-40	1,33	$y=201,06x^{-1,1586}$	0,9595	< 0,0001	< 0,0001
40-50	1,43	$y=245,97x^{-1,1431}$	0,9406	< 0,0001	< 0,0001
50-60	1,38	$y=169,94x^{-1,0825}$	0,9455	< 0,0001	< 0,0001

y=talajellenállás [MPa]; x=talajnedvesség [pF 2,5 tf%-ban]; p (F)= regresszió szignifikanciája; p (t)= paraméterek szignifikanciája;

12/b táblázat

Vályog, fizikai féleségű talajok tízcentiméterenkénti rétegeiben mért ponthalmazaira illesztett függvények egyenletei

Mélység [cm]	Vályog				
	Térfogattömeg-érték (g/cm ³)	Egyenlet	R	p (F)	p (t)
5-10	1,15	$y=80,173x^{-0,9174}$	0,8942	< 0,0001	< 0,0001
10-20	1,17	$y=111,63x^{-0,9813}$	0,9380	< 0,0001	< 0,0001
20-30	1,20	$y=216,13x^{-1,1142}$	0,9403	< 0,0001	< 0,0001
30-40	1,22	$y=136,54x^{-0,9695}$	0,9573	< 0,0001	< 0,0001
40-50	1,32	$y=306,34x^{-1,1151}$	0,9611	< 0,0001	< 0,0001
50-60	1,27	$y=139,58x^{-0,9400}$	0,9700	< 0,0001	< 0,0001

y=talajellenállás [MPa]; x=talajnedvesség [pF 2,5 tf%-ban]; p (F)= regresszió szignifikanciája; p (t)= paraméterek szignifikanciája;

12/c táblázat

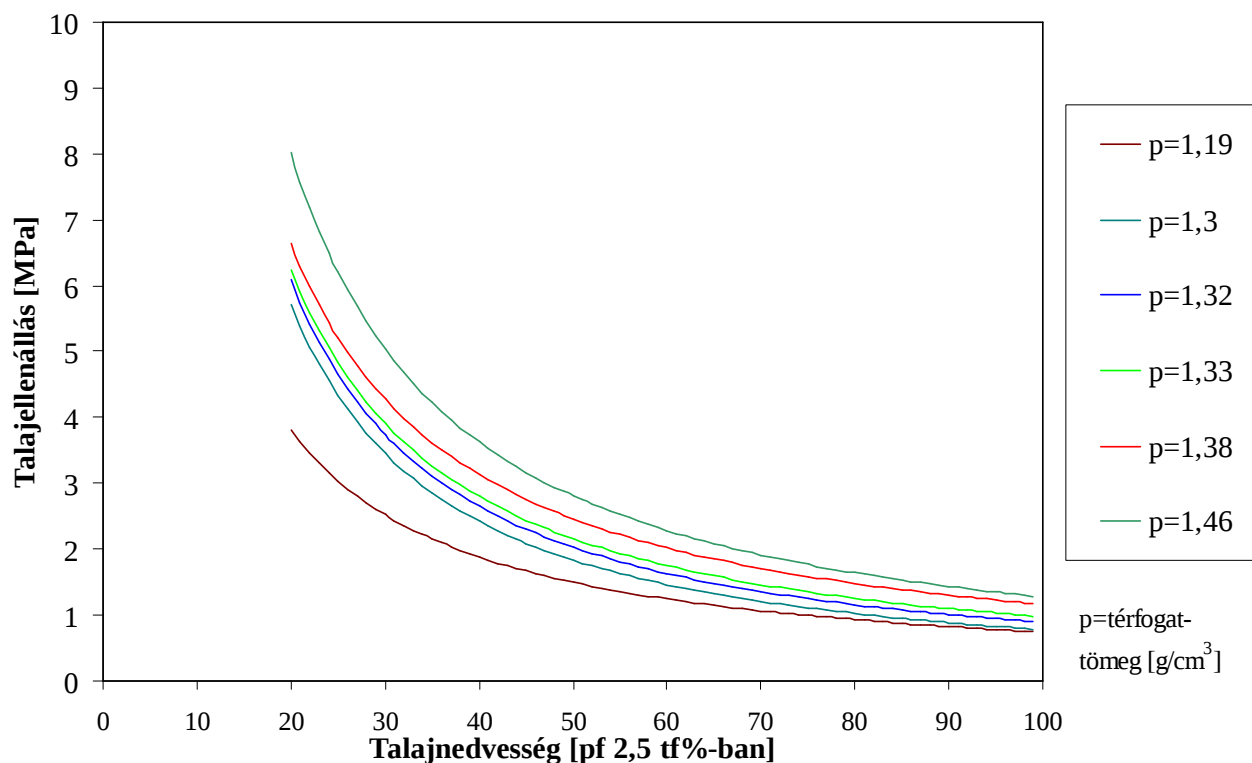
Agyag, fizikai féleségű talajok tízcentiméterenkénti rétegeiben mért pontthalmazaira illesztett függvények egyenletei

Mély- ség [cm]	Agyag				
	Térfogattömeg-érték (g/cm ³)	Egyenlet	R	p (F)	p (t)
5-10	1,16	$y=606,7x^{-1,3678}$	0,9179	< 0,0001	< 0,0001
10-20	1,19	$y=874,09x^{-1,4286}$	0,9030	< 0,0001	< 0,0001
20-30	1,22	$y=1602,2x^{-1,5351}$	0,9247	< 0,0001	< 0,0001
30-40	1,26	$y=1633,0x^{-1,4813}$	0,9188	< 0,0001	< 0,0001
40-50	1,30	$y=1517,4x^{-1,4209}$	0,9197	< 0,0001	< 0,0001
50-60	1,29	$y=1277,2x^{-1,3836}$	0,9548	< 0,0001	< 0,0001

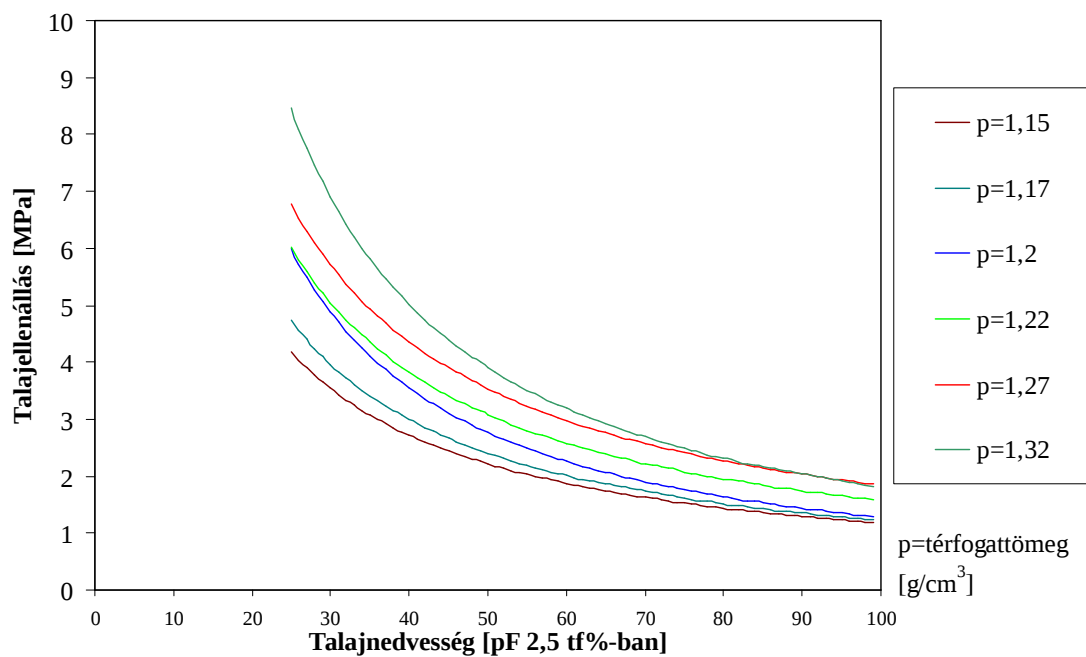
y=talajellenállás [MPa]; x=talajnedvesség [pF 2,5 tf%-ban]; p (F)= regresszió szignifikanciája; p (t)= paraméterek szignifikanciája;

A táblázatból látható, hogy a 10 cm-es rétegenként felvett pontthalmazokra most már lényegesen jobb függvényillesztéseket lehetett végezni. A táblázatban szereplő korrelációs koefficiens értékek jó illeszkedést mutatnak.

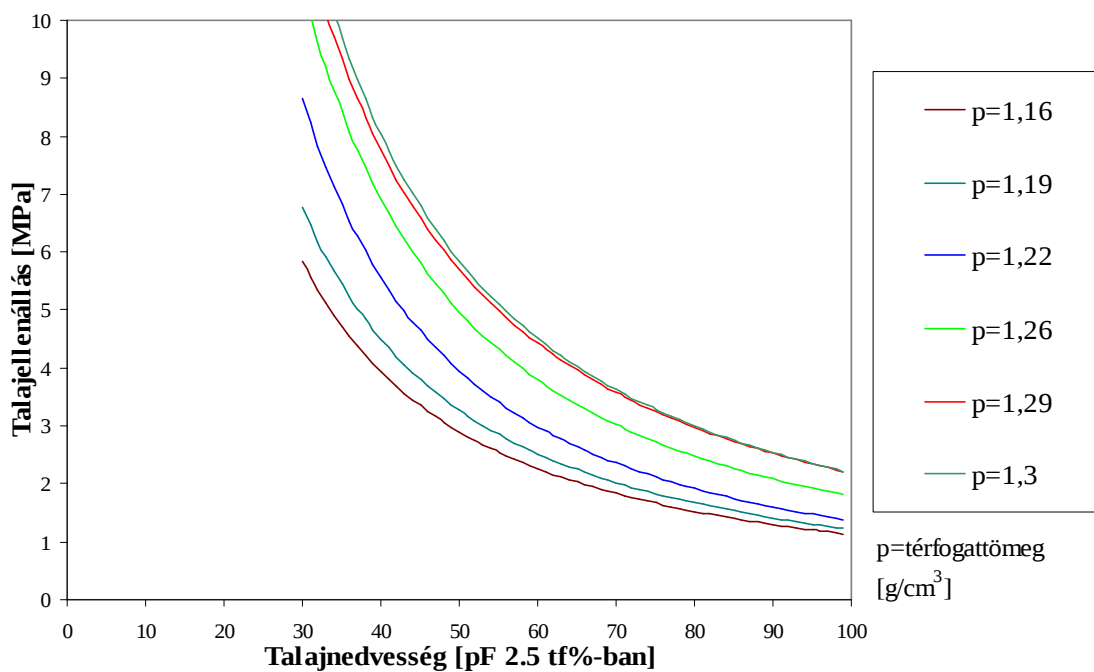
A talajellenállás változását a nedvességtartalom függvényében a mért térfogattömeg-értékek mellett a három fizikai féleségű talajnál a 19. ábrák mutatják.



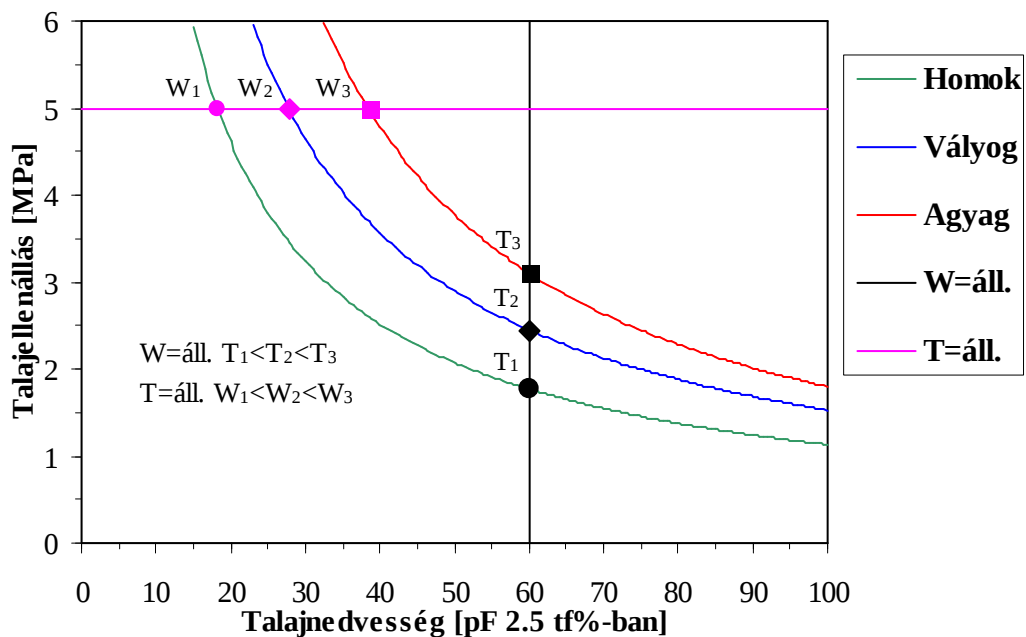
19/a ábra A homoktalaj ellenállásának változása a nedvességtartalom függvényében a mért térfogattömeg-értékek mellett



19/b ábra A vályogtalaj ellenállásának változása a nedvességtartalom függvényében a mért térfogattömeg-értékek mellett



19/c ábra Az agyagtalaj ellenállásának változása a nedvességtartalom függvényében a mért térfogattömeg-értékek mellett



20. ábra Homok, vályog, agyag talaj 5-60 cm-es talaj mélységét jellemző talajellenállás-nedvesség függvényei.

A függvénykapcsolatokat jellemző görbéket csak a mért nedvességtartományban ábrázoltam. Az ábrákból (19-20. ábra) látható, hogy mind a három fizikai féleségű talaj esetében a nedvességtartalom csökkenésével egységnyi nedvességkülönbség egyre nagyobb ellenállás-változást eredményez. A térfogattömeg-értékek növekedésével a görbék egyrészt feljebb tolódnak, másrészt meredekségük is nő. Itt is a nedvességtartalom csökkenésével egységnyi nedvességkülönbség egyre nagyobb ellenállás-változást eredményez adott két térfogatérték között. Azonban a változások mértéke lényegesen kisebb, mint a nedvességkülönbségek hatására bekövetkezett ellenállás változás. Ha a térfogatkülönbségek hatására a kialakulható ellenállás-változást hasonlítjuk össze a nedvességkülönbség hatásával megállapíthatjuk, hogy a nedvességkülönbség hatására kialakulható ellenállás-változás nagyobb, mint ami a térfogattömeg hatására létre jöhet.

A három fizikai féleségű talajt összehasonlítva egymással a fent leírtak lényegében mind a hármat jellemzik, azonban az egységnyi nedvesség és térfogattömeg-változására bekövetkező ellenállás-változás mértéke az agyag fizikai féleség felé haladva egyre nagyobb. Ennek megfelelően a legkisebb ellenállás növekedésre a homok, míg a legnagyobbra az anyagtalajnál számíthatunk.

4.2. Kiértékelési algoritmus a talajmechanikai ellenállás vizsgálati értékeinek elemzéséhez

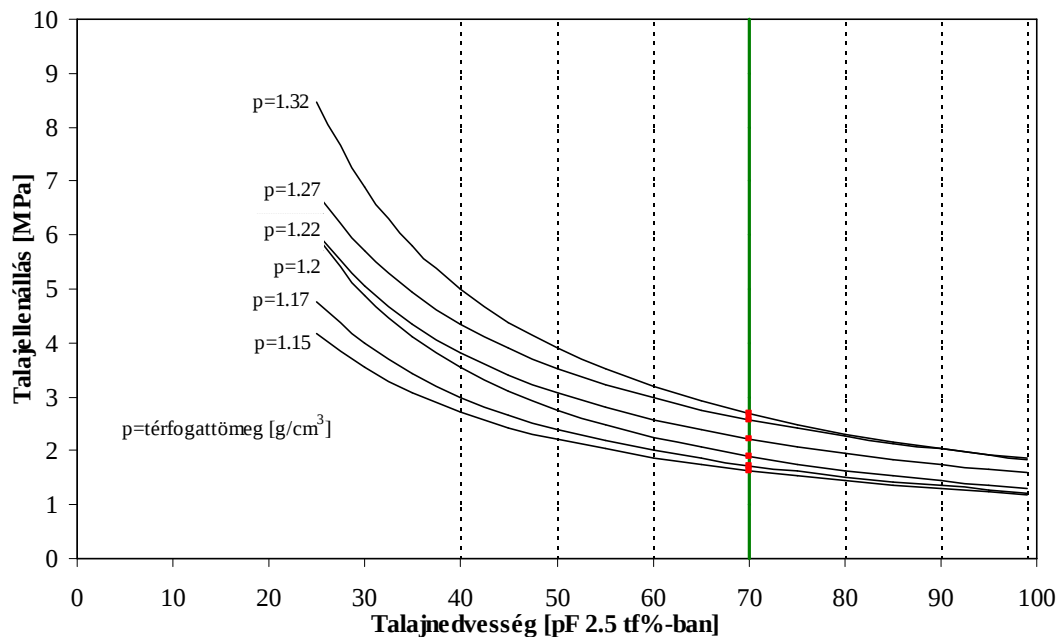
A penetrométeres talajellenállás-mérés az egyik leggyakrabban alkalmazott módszer a talajtömörödöttségének, a tömörödött rétegek mélységbeli elhelyezkedésének, valamint a talajfizikai állapot térbeli és időbeli változásának vizsgálatára KOOLEN et al., (1983). Mivel a talaj nedvessége erősen befolyásolja annak ellenállását, ezért a különböző nedvességtartalomnál kapott talajellenállás-értékek nem vethetők össze KOCSIS et al., (1992). Éppen ezért többen a nedvességkülönbség talajellenállás befolyásoló hatásának kiküszöbölésére, közel szántóföldi vízkapacitásig feltöltött nedvességtartalomnál hasonlították össze az eltérő művelések talajtömörítő hatását DOUGLAS et al., (1986), HILL et al., (1985). A módszernek azonban több hátránya van. A különböző kezelésű talajok összehasonlítható szintjeit nehéz és időigényes azonos nedvességtartalomra feltölteni. A szántóföldi vízkapacitás közeli nedvességtartalomnál a kezelések közötti talajellenállás-különbségek kisebbek lesznek, mint szárazabb talaj esetében, ezért nehezebben mutathatók ki. A hazai gyakorlatban az terjedt el, hogy a különböző kezelések összehasonlítása esetén a közel azonos talajnedvességi értékeken mért ellenállásértékeket vetik össze. Így azonban a mérések egy része a kiértékelés számára elvész BIRKÁS (2000), GYURICZA et al., (1998), RÁTONYI (1999), SCHMIDT et al., (1998).

A fentiek miatt az általam vizsgált talajoknál egy új módszert dolgoztam ki, mely segítségével a különböző talajnedvességi szinteken mért ellenállásértékek azonos nedvességi szintek mellé átszámíthatók. Így a talaj tömörödöttségi állapotának értékelése során a mérésekkori nedvességkülönbségek befolyásoló hatása kiküszöbölhető.

Az átszámításhoz készített számítógépes program alapját a három fizikai féleségű (homok, vályog, agyag) talajnál különböző térfogattömeg-értékek mellett meghatározott talajnedvesség és ellenállás közötti függvénykapcsolatok adták, amelyeket az előző fejezetben ismertettem. A kialakításra került számítógépes program működését, felépítését az elvégzett műveletek menetét grafikusán ábrák segítségével mutatom be. Mivel az átszámítás menete mind három talajnál azonos módon történik, ezért ezt csak egy talajnál (vályog) vezetem végig. A „nyíltszíni mérőrendszerben” a vizsgált

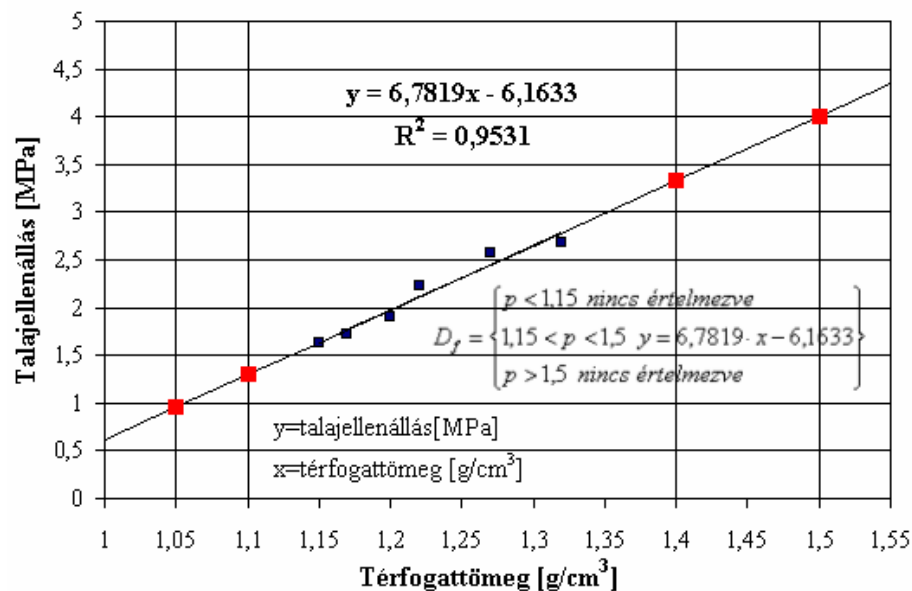
talajoknál az ülepedés során kialakult térfogattömeg-értékeknél nagyobb értékeket is mérhetünk a termőhelyi körülmények között, így szükségesnek láttam további térfogattömeg-értékekhez tartozó függvények meghatározását. Ugyanez a probléma az alsó értékeknél is fennállhat, hiszen a művelések hatására lazább talajállapotok is előállhatnak, melyek kisebb térfogattömeg-értékeket adnak. Ezért további négy térfogattömeg-értékhez tartozó függvényt határoztam meg. Homok fizikai féleségű talaj esetén 0,98; 1,04; 1,1; 1,55 g/cm³-hez, vályognál 1,05; 1,1; 1,4; 1,5 g/cm³-hez, agyagnál 1,07; 1,1; 1,13; 1,4 g/cm³-hez tartozó függvényeket.

Ennek érdekében első lépésként a mérési adathalmazból meghatározott függvényeket 40, 50, 60, 70, 80, 90, 99 tf% nedvességi értéken felvett y tengellyel párhuzamos egyenesekkel metszettem (21. ábra). Így egy nedvességérték mellett 6 metszéspontot kaptam.



21. ábra A mért térfogattömeg-értékek melletti talajellenállás-nedvesség függvények 70%-os nedvességi értékhez tartozó metszéspontjai

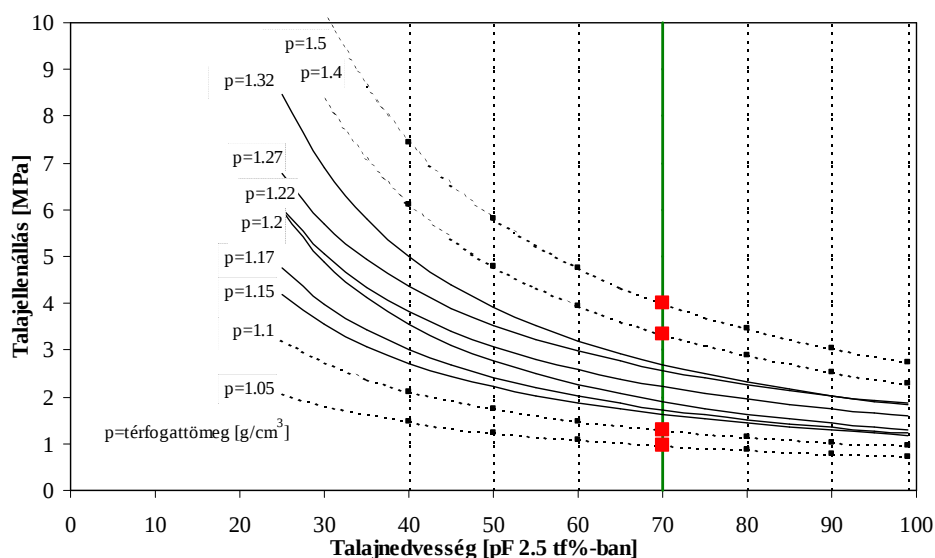
A 6 pontot a térfogattömeg és talajellenállás függvényének megfelelően koordináta-rendszerben felvettem és a pontokra függvényt illesztettem. 70 tf%-os érték mellett ezt mutatja a 22. ábra.



22. ábra 70 tf% talajnedvesség-érték mellett a talajellenállás változása térfogattömeg függvényében

Az itt bemutatásra kerülő vályog fizikai féleségű talaj esetén az 1,05; 1,1; 1,4; 1,5 g/cm³ térfogattömeg-értékekhez tartozó függőleges vonalak kimetszették az ezekhez tartozó ellenállás-értékeket 70 tf%-os nedvesség mellett.

A többi nedvességi érték mellett (40, 50, 60, 80, 90, 99 tf%) is elvégeztem ugyanezen műveleteket és az így kapott pontokat felvettem egy talajellenállás-nedvesség koordináta rendszerbe (23. ábra).

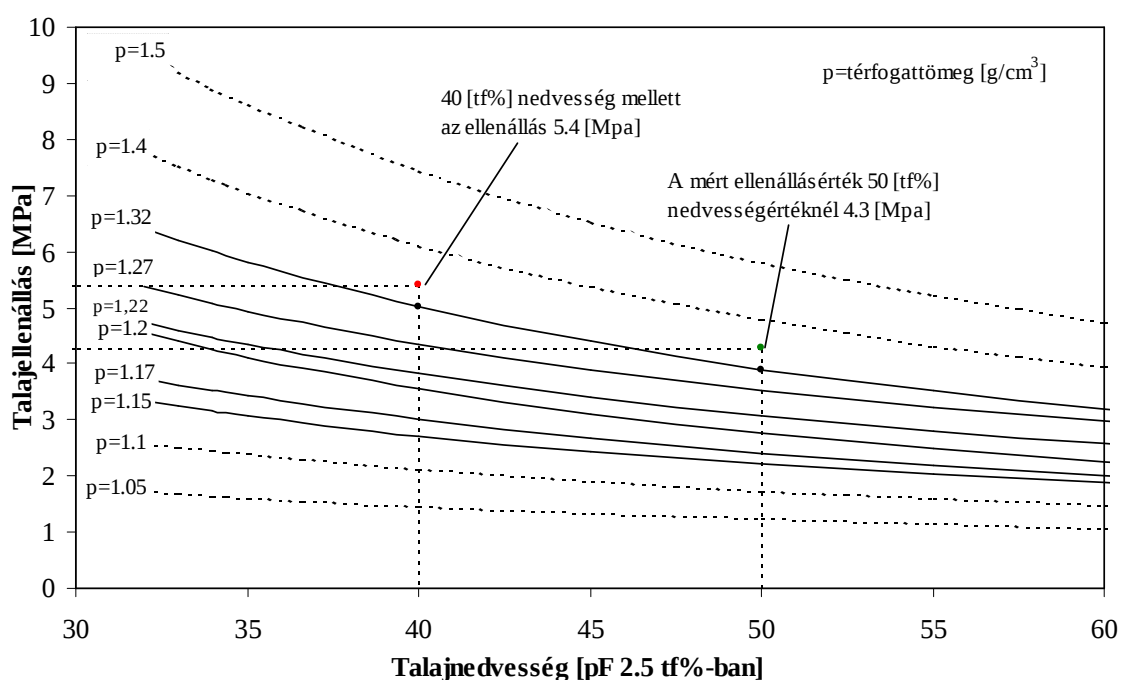


23. ábra A talajellenállás és nedvességtartalom közötti összefüggés meghatározása 1,05; 1,1; 1,4; 1,5 g/cm³ térfogattömeg-érték mellett

Ennek megfelelően egy-egy térfogattömeg-értékhez (1,05; 1,1; 1,4; 1,5 g/cm³) hét-hét pont tartozott. A hét-hét pontra elvégeztem a függvényillesztéseket. És így megkaptam a rendszerbe még beállítani kívánt térfogattömeg-értékekhez tartozó talajellenállás és nedvesség kapcsolatát leíró függvényeket.

Az adott talajnedvességi értékeken mért ellenállás érték más nedvességi érték mellettire történő átszámítás módját a 24. ábrán mutatom be.

Az ábrán látható, hogy ha 50 tf%-os talajnedvességi érték mellett 4,3 MPa értéket mérünk, akkor ugyanebben a mérési pontban 40 tf% talajnedvességi érték mellett 5,4 MPa-t kapnánk. Az átszámítás menetét is végig követhetjük az ábrán. Kiindulva a mért talajnedvességi és talajellenállás-érték által meghatározott pontból az elkészített számítógépes program segítségével megkeresem a legközelebb elhelyezkedő függvényt (jelen esetben a $p = 1,32 \text{ g/cm}^3$ -hez tartozót) és ezen elmegyek a kívánt 40 tf%-os talajnedvességi érték metszéspontjáig. Így megkapom a talajellenállás-érték növekedésének várható nagyságát, ehhez még hozzáadom az eredeti pontot jellemző függvénytől való ellenállás-értékben kifejezett távolságát és így megkapjuk az új talajellenállás-értéket.



24. ábra A különböző nedvességi értéknél mért talajellenállás-értékek vizsgálati trendbe történő illesztése

A kialakított számítógépes program működéséből következően a rendszerben meghatározott legnagyobb térfogattömeg-értékhez tartozó függvény mentén végzem el a talajellenállás-érték átszámítását minden olyan esetben, ha a mért nedvesség és ellenállás által meghatározott pont a függvény fölött helyezkedik el. Ugyanez érvényes a rendszerben szereplő legkisebb térfogattömeg-értékhez tartozó függvény alatt elhelyezkedő pontokra is. Mivel a térfogattömeg-értékek változásának kisebb a talajellenállásra gyakorolt hatása, mint a nedvességértékek változásának, ezért még fontosabbnak tartottam az átszámítási rendszert a mért legkisebb nedvességi értéknél lekorlátozni (homok 20 tf%, vályog 25 tf%, agyag 30 tf%). Az ezeknél kisebb nedvességi értékeknél az illesztett függvények jellegükből adódóan egyre nagyobb meredekséggel emelkednek. Természetesen a legjobb megoldás az lett volna, ha kisebb nedvességértékek mellett is sikerül méréseket végezni. Azonban a mérés során a teljes tenyészidőszak alatt (március-október) kisebb értéket nem tudtam mérni. Ezért a bizonytalan tartományokban a még mért legutolsó tartományból számítható ellenállásváltozás-értékeket vettem figyelembe. A fent jelzett probléma termőhelyi mérések során azonban csak ritkán fordulhat elő. Én a 4.3.; 4.4. fejezetben bemutatott teljes tenyészidőszakra kiterjedő vizsgálatom során a felső néhány cm-es talajréteg kivételével egy esetben sem mértem kisebb nedvességértékeket.

4.3. A művelési rendszerek hatása a talaj tömörödöttségére

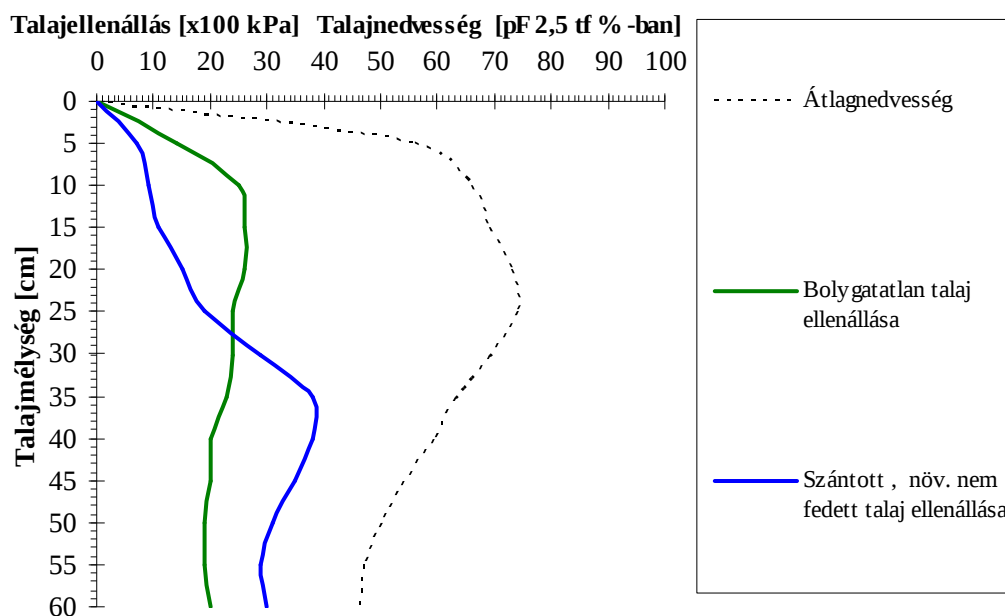
4.3.1. A művelési rendszerek és a tömörödöttségi összefüggései humuszos homoktalajon

4.3.1.1. Művelési rendszerek és a talaj tömörödöttsége közötti összefüggés a tenyészidő kezdeti szakaszában

A 7. sz. mellékleten a tenyészidőszak elején a humuszos homoktalajon mért talajellenállás és nedvesség értékei látható. A szántott és bolygatatlan talajok közti összehasonlítás szignifikancia eredményeit a talajellenállásra a 8. sz. melléklet, míg a nedvességi értékekre a 9. sz. melléklet adja meg.

A két terület talajnedvessége jelentősen eltér egymástól. A 30 cm-es mélységig a bolygatatlan talaj nedvessége nagyobb, majd ezt követően kisebb lesz, mint a szántott talajé. A különbségek a 20-30 cm-ig terjedő rétegek kivételével statisztikailag is igazolhatóak. A bolygatatlan talajellenállása az eredeti nedvességértékek mellett kezdetben meredeken emelkedik 13 cm-es mélységig, majd ezt követően kisebb ingadozások mellett enyhe emelkedést mutat. A szántott talaj ellenállása 25 cm-es mélységig kisebb, ezt követően 47 cm-ig nagyobb, majd ismét kissé csökken. Statisztikailag igazolható különbségek a 0-20 és a 30-45 cm-es talajmélységben mutatható ki.

A szántott és bolygatatlan talaj mért talajnedvesség-értékeinek átlagára átszámított ellenállásértékeit a 25. ábra mutatja, míg az ezek közti összehasonlítás szignifikancia



eredményeit a 13. táblázat adja meg.

25. ábra A tömörödöttség összehasonlító értékelése humuszos homok talajon a tenyészidőszak elején (Nyírtelek-Ferenc tanya, 2001. 04. 24.)

13. táblázat

Talajellenállás-értékek összehasonlításának szignifikancia eredménytáblázata a tenyészidőszak elején humuszos homoktalajon

0-5	SzD5%= 0,29				5-10	SzD5%= 0,78				10-15	SzD5%= 0,73				15-20	SzD5%= 0,41			
[cm]	E1				[cm]	E1				[cm]	E1				[cm]	E1			
E2	0,67				E2	1,52				E2	1,50				E2	1,09			
20-25	SzD5%= 0,86				25-30	SzD5%= 0,99				30-35	SzD5%= 0,95				35-40	SzD5%= 0,32			
[cm]	E1				[cm]	E1				[cm]	E1				[cm]	E1			
E2	0,45				E2	0,50				E2	1,53				E2	1,81			
40-45	SzD5%= 0,40				45-50	SzD5%= 0,53				50-55	SzD5%= 0,33				55-60	SzD5%= 0,48			
[cm]	E1				[cm]	E1				[cm]	E1				[cm]	E1			
E2	1,53				E2	1,18				E2	1,04				E2	1,00			

szignifikáns értékek

E1 – Bolygatatlan talaj; E2 – Szántott, növényvel nem fedett talaj

A bolygatatlan talaj ellenállásának mélység függvényében történő változásának tendenciája kissé módosult. A talajellenállás-értékek 12 cm-es mélységig még meredekebben emelkednek, majd ezt követően enyhén csökkennek. A szántott talaj átszámított ellenállás-értékei 27 cm-es mélységig kevésbé, ezt követően erőteljesebben, majd ismét kisebb mértékben változnak, mint az eredeti nedvesség mellett.

A szántott talaj ellenállása 27 cm-ig kisebb, majd ezt követően nagyobb, mint a bolygatatlan talaj ellenállása. A különbségek a 20-30 cm-ig terjedő mélységtartomány kivételével szignifikánsak.

A talajművelés hatására a művelés mélységtartományáig lényegesen lazább talajállapotot mértem, mint a bolygatatlan talajon. A legnagyobb különbséget 10 cm-es mélységben kaptam 1,5 MPa-t. A művelés mélysége alatt a szántott talaj tömörödöttségi állapota 36 cm-es mélységig egyre nagyobb és itt a legnagyobb a különbség a bolygatatlan talaj és a szántott között 1,8 MPa. Ezt követően a különbség a két talaj között fokozatosan csökken. Míg a bolygatatlan talajon az ellenállás-értéke egyik mélységtartományban sem érte el az irodalomban [EITZINGER (1991), OUWERKERK és SONE (1994), BIRKÁS (1995)] megadott kritikus 3,0 MPa értéket, addig a szántott talajnál már 30 cm-es mélység után ezt elérte és a legnagyobb értéke 36 cm-nél 3,9 MPa volt 60tf%-os nedvességi érték mellett. A 30 cm-es mélység alatt a legkisebb érték 55 cm-nél 2,9 MPa-nak adódott. A szántott talaj ellenállás-görbéjének 25 cm-es mélység utáni hirtelen emelkedése, illetve kipúposodása eketalp betegségre utal.

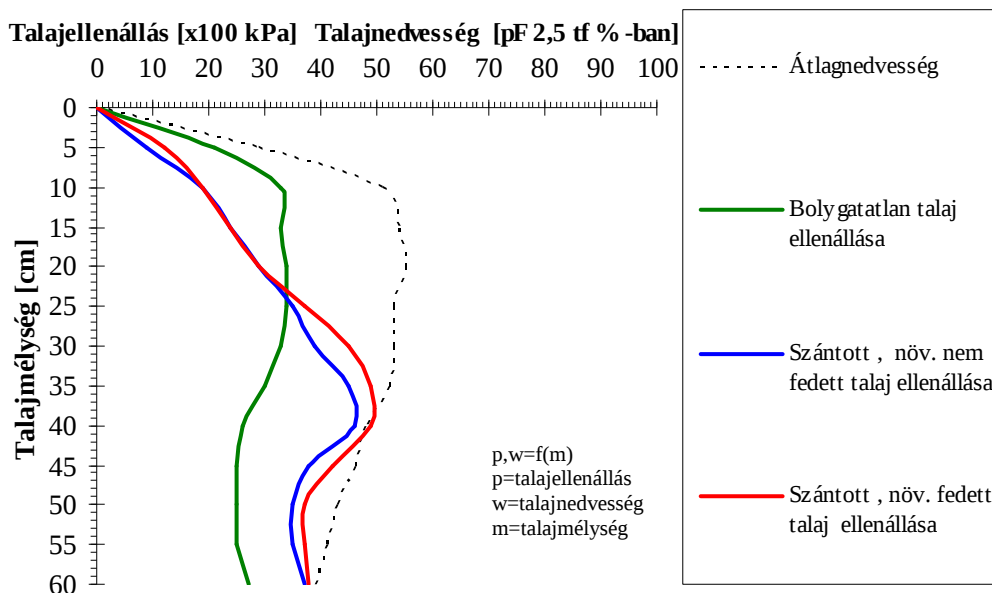
A 36 cm-nél mért csúcserő után a talajellenállás csökken, de a mért 60 cm-es mélységig már végig a bolygatatlan talaj ellenállása felett marad.

A legkisebb különbség ezen a szakaszon 1 MPa volt. Véleményem szerint ezek a különbségek már nem a művelő eszközök hatását mutatják, hanem inkább az erő és betakarítógépek gumibroncsainak talajtömörítő hatását jelentik. Ezt támasztják alá ide

vonatkozó méréseink is [SINÓROS-SZABÓ (1992), KISS és SZŐLLŐSI (1998), amely szerint a gumiabroncsok tömörítő hatása bár nem a 40 cm alatti talajrétegben a legnagyobb, de 60 cm-es mélységtartományban is még egyértelműen kimutatható volt. A fentiekből is látható, hogy ha a különböző művelésű talajok tömörödöttségi állapotát azok behatolási ellenállásértékeivel kívánjuk összehasonlítani, ezt korrekten csak azonos nedvességi szinteken tehetjük meg. Mivel azonos tömörödöttségi állapot mellett a talajellenállás-értékek jelentősen változnak a nedvesség függvényében. Ezért további elemzéseim során a talajok tömörödöttségi állapotának összehasonlítását az azonos (átlag) nedvességre átszámolt ellenállásértékek segítségével végzem el. A vizsgált talajokon mért ellenállás- és nedvesség értékeket mérőhelyenként és 5 cm-es talajmélységeként átlagolva a 10-26. mellékletek ábráin mutatom be.

4.3.1.2. Művelési rendszerek és a talaj tömörödöttsége közötti összefüggés a tenyészidő középső szakaszában

Bolygatatlan és szántott növényrel fedett, illetve nem fedett talajok mért nedvesség értékeinek átlagára átszámított ellenállás-értékeit a 26. ábra mutatja (mért 10. sz. melléklet), míg ezek közti összehasonlítás szignifikancia eredményeit a 14. táblázat adja meg.



26. ábra A tömörödöttség összehasonlító értékelése humuszos homok talajon
a tenyészidőszak közepén (Nyírtelek-Ferenctanya, 2001. 06. 26.)

14. táblázat

A talajellenállás-értékek összehasonlításának szignifikancia eredménytáblázata a vegetációs időszak közepén humuszos homoktalajon

0-5	SzD5%= 0,28				5-10	SzD5%= 1,03				10-15	SzD5%= 0,50				15-20	SzD5%= 0,46			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	1,17				E2	1,41				E2	0,91				E2	0,56			
E3	0,91	0,25			E3	1,32	0,09			E3	0,85	0,07			E3	0,52	0,04		
20-25	SzD5%= 0,70				25-30	SzD5%= 0,59				30-35	SzD5%= 0,60				35-40	SzD5%= 0,20			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	0,06				E2	0,65				E2	1,58				E2	1,91			
E3	0,30	0,24			E3	1,23	0,58			E3	1,96	0,38			E3	2,21	0,31		
40-45	SzD5%= 0,52				45-50	SzD5%= 0,20				50-55	SzD5%= 0,04				55-60	SzD5%= 0,19			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	1,27				E2	0,99				E2	0,99				E2	1,05			
E3	1,66	0,39			E3	1,20	0,21			E3	1,17	0,18			E3	1,16	0,11		

szignifikáns értékek

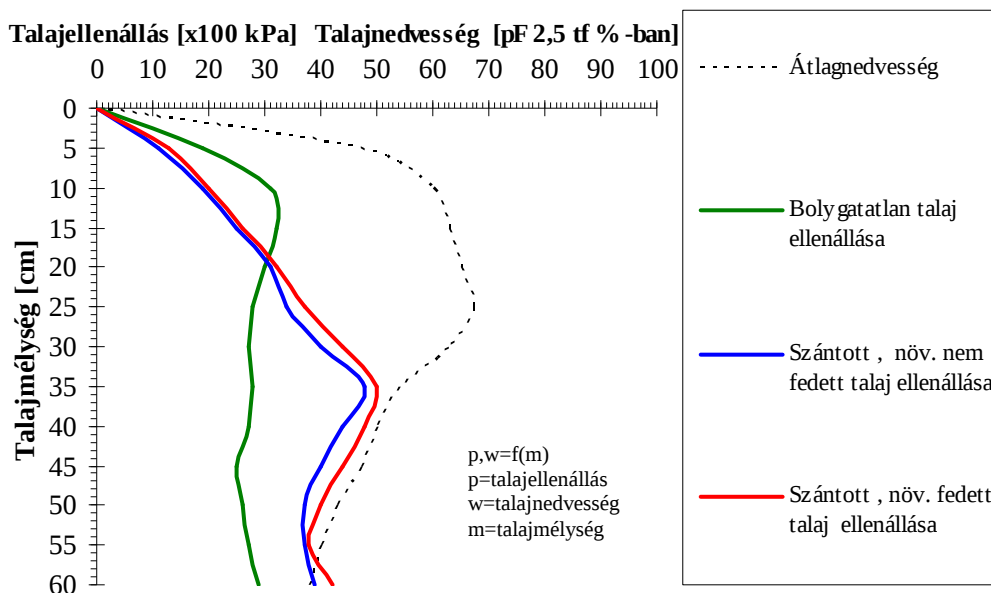
E1 – Bolygatatlan talaj; E2 – Szántott, növényvel nem fedett talaj; E3 – Szántott, növényvel fedett talaj

A bolygatatlan talaj ellenállás görbéje hasonlóan a tenyészidőszak eleji állapothoz kezdetben meredeken emelkedik, majd 30 cm-es talajmélységig közel állandó marad. A 30-40 cm-es réteg között csökken, ezt követően közel állandó, illetve 55 cm alatt kissé emelkedik. A szántott növényvel fedett és nem fedett talaj ellenállásértékei között kis különbségek adódtak. Statisztikailag igazolható különbségek csak a 35-40 cm-es, valamint a 45-55 cm-es talajmélységben voltak kimutathatóak. A különbségek számszaki értékei itt sem haladták meg a 0,4 MPa értéket.

A bolygatatlan talaj és a szántott talaj összehasonlításakor megállapítható, hogy 25 cm-es mélységig a szántott talaj ellenállásai kisebbek, vagyis lazább állapotúak. A legnagyobb különbség 10-11 cm-nél volt, 1,4 MPa. A szántott talajok tömörödöttségi állapota a művelési mélység alatt egyre jobban növekedett, maximális értékét 38 cm-es talajmélységnél érte el 4,7; 5,0 MPa-t. A tenyészidőszak elejei állapothoz hasonlóan a szántott talajok ellenállásai csökkentek, de a mért 60 cm-es mélységig szignifikánsan meghaladták a bolygatatlan talaj ellenállását. Az eketalp betegséget jellemző kipúposodás a görbén még markánsabban jelentkezett.

4.3.1.3. Művelési rendszerek és a talaj tömörödöttsége közötti összefüggés a tenyészidő végső szakaszában

Bolygatatlan és szántott növényvel fedett, illetve nem fedett talajok mért nedvesség értékeinek átlagára átszámított ellenállásértékeit a 26. ábra mutatja (mért 11. sz. melléklet), míg ezek közti összehasonlítás szignifikancia eredményeit a 15. táblázat adja meg.



27. ábra A tömörödöttség összehasonlító értékelése humuszos homok talajon a tenyészidőszak végén (Nyírtelek-Ferencványa, 2001. 09. 06.)

15. táblázat

Talajellenállás-értékek összehasonlításának szignifikancia eredménytáblázata a tenyészidőszak végén humuszos homoktalajon

0-5	SzD5%= 0,14				5-10	SzD5%= 0,31				10-15	SzD5%= 0,39				15-20	SzD5%= 0,27			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	0,77				E2	1,21				E2	0,70				E2	0,05			
E3	0,55	0,21			E3	1,04	0,17			E3	0,54	0,16			E3	0,19	0,14		
20-25	SzD5%= 0,42				25-30	SzD5%= 0,44				30-35	SzD5%= 0,46				35-40	SzD5%= 0,48			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	0,66				E2	1,31				E2	1,95				E2	1,76			
E3	0,93	0,27			E3	1,65	0,35			E3	2,18	0,23			E3	2,15	0,39		
40-45	SzD5%= 0,52				45-50	SzD5%= 0,56				50-55	SzD5%= 0,54				55-60	SzD5%= 0,58			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	1,43				E2	1,09				E2	1,03				E2	0,96			
E3	1,88	0,45			E3	1,37	0,29			E3	1,13	0,10			E3	1,29	0,33		

szignifikáns értékek

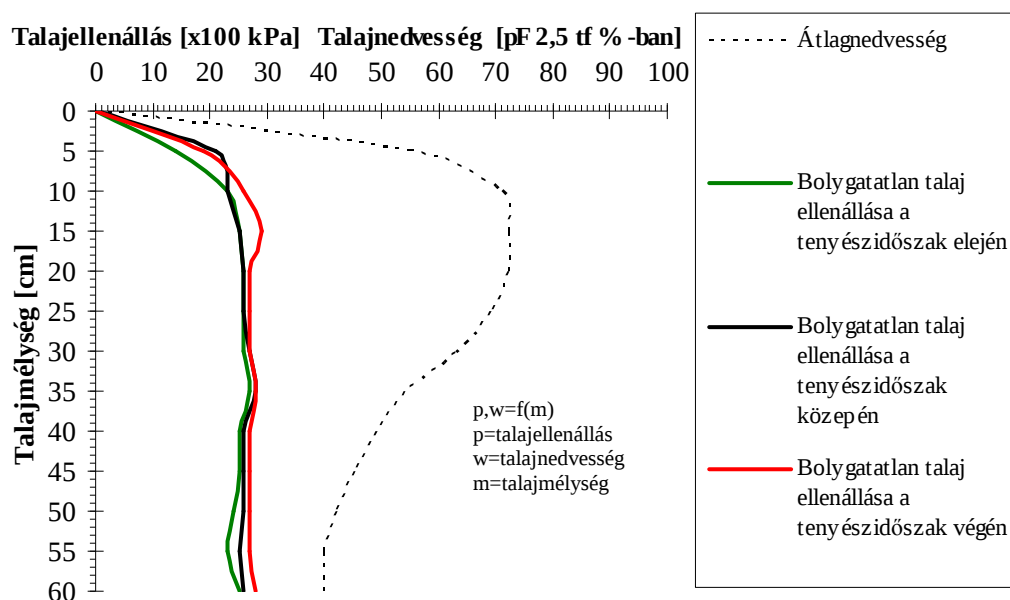
E1 – Bolygatatlan talaj; E2 – Szántott, növényvel nem fedett talaj; E3 – Szántott, növényvel fedett talaj

A bolygatatlan talaj ellenállásának mélység függvényében történő változása a tenyészidőszak korábbi szakaszaihoz hasonlóan alakult. Kezdetben meredeken növekedett, majd kissé csökkent és 45 cm után enyhén növekedett a talaj ellenállása. A szántott növényvel fedett és nem fedett talajok ellenállás-értékei között olyan kis különbségek voltak, amelyek statisztikailag nem igazolhatóak. A bolygatatlan talaj ellenállását összehasonlítva szántott talajokéval megállapítható, hogy 20 cm-es mélységig a szántott talajok ellenállás értékei kisebbek, vagyis eddig a mélységig a talajok lazább állapotúak. A legnagyobb különbség itt kisebb, mint a tenyészidőszak közepén, itt már csak 1,2 MPa. A 3 MPa-os kritikus határértéket is 20 cm-nél kisebb talajmélységnél éri. A művelés mélysége alatt a szántott talajok tömörödöttségi állapota egyre jobban növekedett, a maximális értékét 35 cm-es mélységnél érte el 5,0; 4,8 MPa-t. A tenyészidőszak eleji és közepi állapothoz hasonlóan a szántott talajok ellenállásai csökkentek, de a mért 60 cm-es mélységig statisztikailag igazolhatóan nagyobbak maradtak a bolygatatlan talajok ellenállásánál. Az eketalp betegségre utaló kipúposodás a görbén még markánsabban jelentkezett, mint a tenyészidőszak korábbi időszakaiban. A nagy tömörödöttségű talajréteg (4 MPa-nál nagyobb) még szélesebb mélységtartományban volt kimutatható.

4.3.1.4. A talaj tömörödöttségének változása a teljes tenyészidő alatt

Bolygatatlan talaj három mérési időpontjában mért nedvességi értékének átlagára átszámolt ellenállás értékeit a 28. ábra mutatja (mért 12. sz. melléklet), míg az ezek közti összehasonlítás szignifikancia eredményeit a 16. sz. táblázat adja meg.

Ezek lényegében bizonyítják, hogy a tenyésztidőszak alatt a bolygatatlan talaj tömörödöttségi állapotában nem történt változás.



28. ábra Bolygatatlan talaj tömörödöttségi állapotának változása a tenyésztidőszak alatt
(humuszos homok, Nyírtelek-Ferenc tanya, 2001. 04. 24. – 09. 06.)

16. táblázat

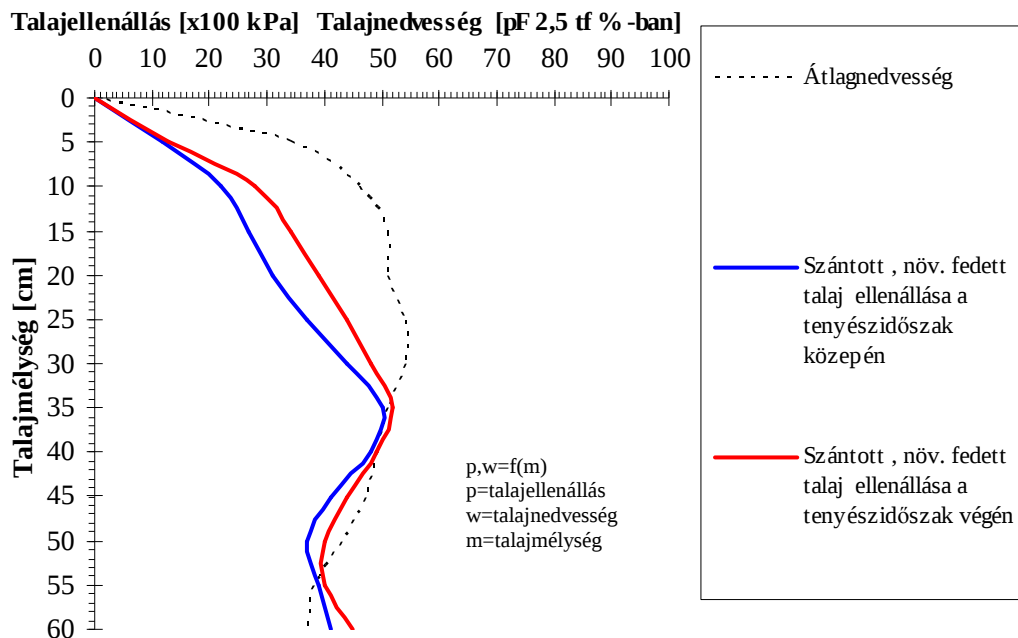
Bolygatatlan humuszos homok talajon a vegetációs időszak alatt történt ellenállás változásának szignifikancia eredménytáblázata

0-5	SzD5%= 0,09				5-10	SzD5%= 0,65				10-15	SzD5%= 0,45				15-20	SzD5%= 0,27			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	0,69				E2	0,05				E2	0,07				E2	0,01			
E3	0,48	0,21			E3	0,34	0,29			E3	0,33	0,40			E3	0,11	0,11		
20-25	SzD5%= 0,36				25-30	SzD5%= 0,34				30-35	SzD5%= 0,25				35-40	SzD5%= 0,52			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	0,07				E2	0,04				E2	0,12				E2	0,05			
E3	0,15	0,09			E3	0,05	0,01			E3	0,17	0,05			E3	0,17	0,13		
40-45	SzD5%= 0,38				45-50	SzD5%= 0,39				50-55	SzD5%= 0,45				55-60	SzD5%= 0,51			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	0,17				E2	0,20				E2	0,24				E2	0,13			
E3	0,23	0,06			E3	0,29	0,09			E3	0,36	0,12			E3	0,37	0,24		

szignifikáns értékek

E1 – Bolygatatlan talaj tenyészidőszak elején; E2 – Bolygatatlan talaj tenyészidőszak közepén; E3 – Bolygatatlan talaj tenyészidőszak végén

A tenyészidőszak közepén és végén mért eredeti nedvesség értékének átlagára átszámolt ellenállás értékeit szántott növényvel fedett talaj esetén a 29. ábra mutatja (mért 13. sz. melléklet), míg az ezek közti összehasonlítás szignifikancia eredményeit a 17. táblázat adja meg.



29. ábra Szántott, növényvel fedett talaj tömörödöttségi állapotának változása a tenyészidőszak alatt (humuszos homok, Nyírtelek-Ferencváros, 2001. 04. 24. – 09. 26.)

17. táblázat

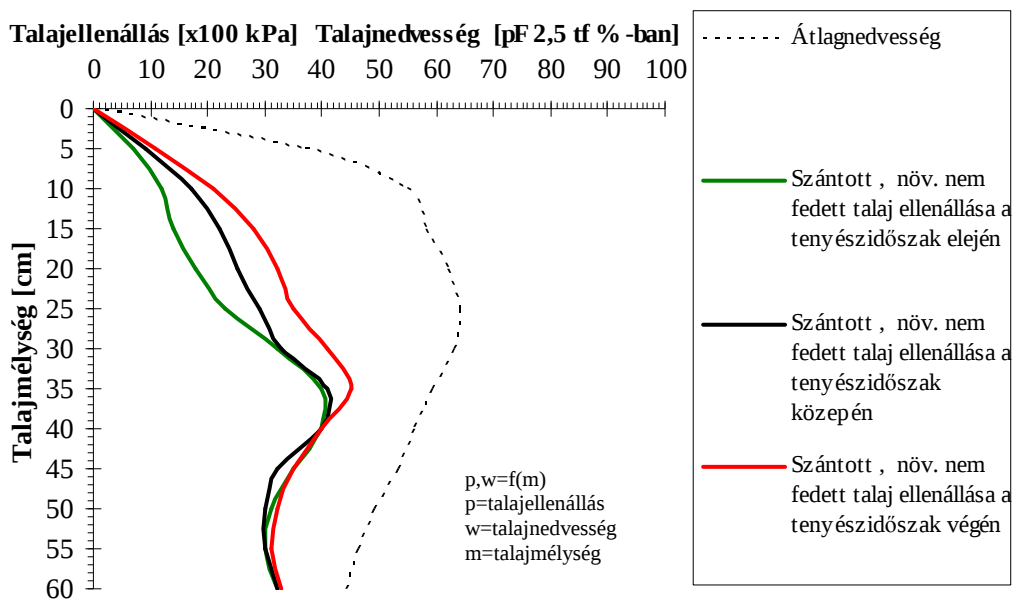
Szántott növényvel fedett humuszos homok talajon a tenyészidőszak alatt történt ellenállás változásának szignifikancia eredménytáblázata

0-5 [cm]	SzD5%= 0,09	5-10 [cm]	SzD5%= 0,45	10-15 [cm]	SzD5%= 0,70	15-20 [cm]	SzD5%= 0,60
E1		E1		E1		E1	
E2	0,15	E2	0,53	E2	0,70	E2	0,81
20-25 [cm]	SzD5%= 0,36	25-30 [cm]	SzD5%= 0,26	30-35 [cm]	SzD5%= 0,24	35-40 [cm]	SzD5%= 0,36
E1		E1		E1		E1	
E2	0,69	E2	0,45	E2	0,27	E2	0,13
40-45 [cm]	SzD5%= 0,66	45-50 [cm]	SzD5%= 0,80	50-55 [cm]	SzD5%= 0,40	55-60 [cm]	SzD5%= 0,40
E1		E1		E1		E1	
E2	0,33	E2	0,29	E2	0,06	E2	0,39

szignifikáns értékek

E1 – Szántott, növényvel fedett talaj a tenyészidőszak közepén; E2 – Szántott növényvel fedett talaj a tenyészidőszak végén

Míg ugyanezen jellemzőket szántott, növényvel nem fedett talajon a 30. ábra (mért 14. sz. melléklet) és 18. táblázat mutatja.



30. ábra Szántott, növényvel nem fedett talaj tömörödöttségi állapotának változása a tenyészidőszak alatt (humuszos homok, Nyírtelek-Ferentanya, 2001. 04. 26. – 09. 26.)

18. táblázat

Szántott, növényvel nem fedett humuszos homok talajon a tenyészidőszak alatt történt ellenállás változásának szignifikancia eredménytáblázata

0-5	SzD5%= 0,08				5-10	SzD5%= 0,17				10-15	SzD5%= 0,24				15-20	SzD5%= 0,29			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	0,19				E2	0,56				E2	0,77				E2	0,68			
E3	0,38	0,19			E3	0,92	0,36			E3	1,32	0,55			E3	1,33	0,65		
20-25	SzD5%= 0,09				25-30	SzD5%= 0,22				30-35	SzD5%= 0,41				35-40	SzD5%= 0,43			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	0,62				E2	0,15				E2	0,10				E2	0,07			
E3	1,25	0,63			E3	0,87	0,73			E3	0,51	0,41			E3	0,03	0,04		
40-45	SzD5%= 0,61				45-50	SzD5%= 0,60				50-55	SzD5%= 0,49				55-60	SzD5%= 0,63			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	0,29				E2	0,11				E2	0,01				E2	0,01			
E3	0,03	0,26			E3	0,07	0,19			E3	0,11	0,09			E3	0,13	0,12		

szignifikáns értékek

E1 – Szántott, növényvel nem fedett talaj a tenyészidőszak elején; E2 – Szántott, növényvel nem fedett talaj a tenyészidőszak közepén; E3 – Szántott, növényvel nem fedett talaj a tenyészidőszak végén

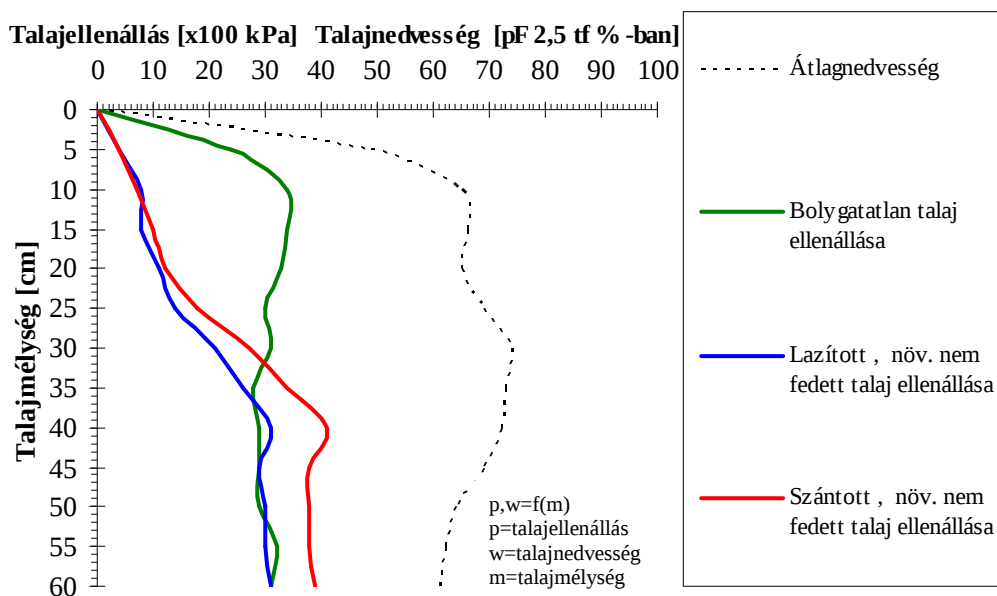
Statisztikailag is igazolható ellenállás-növekedés a tenyészidőszak közepe és vége között a 0 – 35 cm-ig terjedő mélységtartományban volt kimutatható mind két szántott talajon. Mivel a talajellenállás-értékek már 40 cm-es mélység után nem változtak megállapíthatjuk, hogy az eszközök hatása már nem jelentkezik ebben a mélységben, így művelés utáni visszatömörődéssel sem kell számolni. Az idő előrehaladtával azonban a művelt réteg tömörödöttsége egyre nagyobb lesz és közelít a bolygatatlan talajéhoz. Míg a tenyészidőszak elején a 3 MPa-os értéket csak az eketalprétegben mértem, addig a tenyészidőszak végén már a művelés mélységében 10-15 cm között is adódtak ilyen értékek. Ez lényegében azt jelentette, hogy a talajban egyre szélesebb tömör réteg alakult ki. Legnagyobb talajellenállás-növekedést a szántott, növényvel nem fedett talajon regisztráltam, ahol 15-cm-es mélységnél 1,4 MPa-ról 2,8 MPa-ra nőtt az ellenállás a tenyészidőszak végére. A maximális ellenállás értékek is 4,0 MPa-ról 4,5 MPa-ra növekedtek a tenyészidőszak alatt a szántott, növényvel nem fedett talajon. A növényvel fedett talajnál is hasonló tendenciájú változásokat kaptam.

4.3.2. A művelési rendszerek és a tömörödöttség összefüggései réti csernozjom talajon

4.3.2.1. Művelési rendszerek és a talaj tömörödöttsége közötti összefüggés a tenyészidő kezdeti szakaszában

A szántott és bolygatatlan talajok mért nedvesség értékeinek átlagára átszámított ellenállásértékeit a 31. ábra mutatja (mért 15. sz. melléklet), míg az ezek közötti összehasonlítás szignifikancia eredményeit a 19. táblázat adja meg. A bolygatatlan talaj

ellenállás-értékei erőteljesen növekedtek, ezt követően 35 cm-ig enyhén csökkentek, majd ismét enyhén növekedtek. A szántott talajok ellenállása a művelés mélységig alig növekedett és a bolygatatlan talajéhoz képest lényegesen kisebb volt. A legnagyobb különbség 10 cm-es talajmélységnél 2,7 MPa volt. A bolygatatlan talaj ellenállása 5-ször nagyobb volt, mint a művelt talajé. A lazított talaj tömörsége 35 cm-nél érte el a bolygatatlanét, ezt követően kissé nagyobb volt annál. A szántott talaj esetében már 30 cm-nél meghaladta a bolygatatlan talaj ellenállását és a különbség a maximális értékig (4,46 MPa) egyre növekedett, ez után pedig kissé csökkent és közel azonos értéken maradt.



31. ábra A tömörödöttség összehasonlító értékelése réti csernozjom talajon a tenyészidőszak elején (Megyaszó-Újvilágtanya, 2001. 04. 29.)

19. táblázat

Talajellenállás-értékek összehasonlításának szignifikancia eredménytáblázata a tenyészidőszak elején réti csernozjom talajon

0-5 [cm]				5-10 [cm]				10-15 [cm]				15-20 [cm]			
SzD5%= 0,36				SzD5%= 0,30				SzD5%= 0,45				SzD5%= 0,73			
E1	E2			E1	E2			E1	E2			E1	E2		
E2	1,96			E2	2,65			E2	2,56			E2	2,13		
E3	1,97	0,01		E3	2,75	0,10		E3	2,41	0,15		E3	2,06	0,07	
20-25 [cm]				25-30 [cm]				30-35 [cm]				35-40 [cm]			
SzD5%= 0,75				SzD5%= 0,48				SzD5%= 0,26				SzD5%= 0,13			
E1	E2			E1	E2			E1	E2			E1	E2		
E2	1,55			E2	0,96			E2	0,22			E2	0,28		
E3	1,23	0,32		E3	0,39	0,57		E3	0,58	0,80		E3	1,29	1,01	
40-45 [cm]				45-50 [cm]				50-55 [cm]				55-60 [cm]			
SzD5%= 0,16				SzD5%= 0,20				SzD5%= 0,40				SzD5%= 0,56			
E1	E2			E1	E2			E1	E2			E1	E2		
E2	0,02			E2	0,07			E2	0,25			E2	0,08		
E3	0,93	0,91		E3	0,89	0,82		E3	0,63	0,88		E3	0,79	0,71	

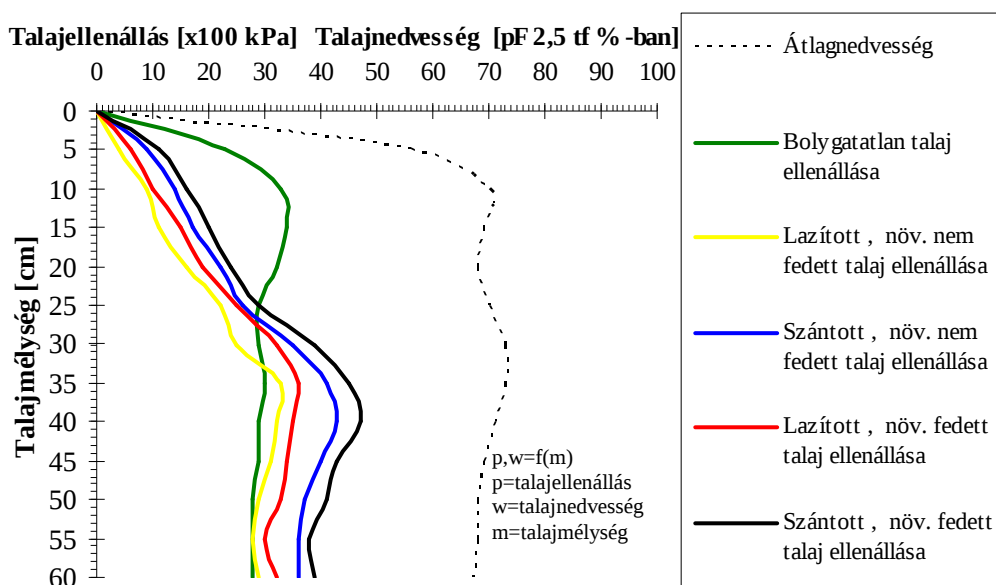
szignifikáns értékek

E1 – Bolygatatlan talaj; E2 – Lazított, növényvel nem fedett talaj; E3 – Szántott, növényvel nem fedett talaj

A két művelt talaj közül a szántott talaj ellenállása a művelés mélysége alatt meredekebben emelkedett, mint a lazítotté és a különbség végig statisztikailag is igazolható volt. A szántott talajban egyértelműen felismerhető az eketalpbetegség, amely a lazított talajban alig mutatható ki és az ellenállás-értékek is alig haladták meg a 3 MPa-os kritikus értéket.

4.3.2.2. Művelési rendszerek és a talaj tömörödöttsége közötti összefüggés a tenyészidő középső szakaszában

A bolygatatlan és a művelt talajok mért nedvesség értékeinek átlagára átszámított ellenállás értékeit a 32. ábra mutatja (mért 16. sz. melléklet), míg az ezek közötti összehasonlítás szignifikancia eredményeit a 20. táblázat adja meg.



32. ábra A tömörödöttség összehasonlító értékelése réti csernozjom talajon a tenyészidőszak közepén (Megyaszó-Újvilágtanya, 2001. 06. 03.)

20. táblázat

Talajellenállás-értékek összehasonlításának szignifikancia eredménytáblázata a tenyészidőszak közepén réti csernozjom talajon

0-5 [cm]					5-10 [cm]					10-15 [cm]					15-20 [cm]				
SzD5%= 0,43					SzD5%= 0,60					SzD5%= 0,49					SzD5%= 0,90				
E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4	
E2	1,92				E2	2,45				E2	2,30				E2	1,56			
E3	1,37	0,55			E3	1,95	0,50			E3	1,75	0,55			E3	1,01	0,55		
E4	1,75	0,17	0,38		E4	2,28	0,17	0,33		E4	1,94	0,36	0,19		E4	1,33	0,23	0,31	
E5	1,21	0,71	0,16	0,54	E5	1,71	0,73	0,23	0,57	E5	1,39	0,91	0,37	0,55	E5	0,73	0,83	0,28	0,59
20-25 [cm]					25-30 [cm]					30-35 [cm]					35-40 [cm]				
SzD5%= 0,67					SzD5%= 0,44					SzD5%= 0,41					SzD5%= 0,36				
E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4	
E2	0,65				E2	0,31				E2	0,32				E2	0,36			
E3	0,27	0,39			E3	0,62	0,93			E3	1,11	0,79			E3	1,39	1,03		
E4	0,42	0,23	0,15		E4	0,31	0,61	0,31		E4	0,63	0,31	0,47		E4	0,65	0,29	0,73	
E5	0,01	0,65	0,26	0,41	E5	1,01	1,31	0,39	0,70	E5	1,56	1,24	0,45	0,93	E5	1,85	1,49	0,46	1,19
40-45 [cm]					45-50 [cm]					50-55 [cm]					55-60 [cm]				
SzD5%= 0,48					SzD5%= 0,54					SzD5%= 0,49					SzD5%= 0,38				
E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4	
E2	0,19				E2	0,07				E2	0,05				E2	0,11			
E3	1,13	0,93			E3	0,89	0,82			E3	0,83	0,77			E3	0,78	0,67		
E4	0,58	0,39	0,55		E4	0,43	0,37	0,45		E4	0,27	0,22	0,55		E4	0,33	0,22	0,45	
E5	1,48	1,29	0,35	0,90	E5	1,23	1,16	0,34	0,79	E5	1,08	1,03	0,25	0,81	E5	1,03	0,92	0,25	0,70

szignifikáns értékek

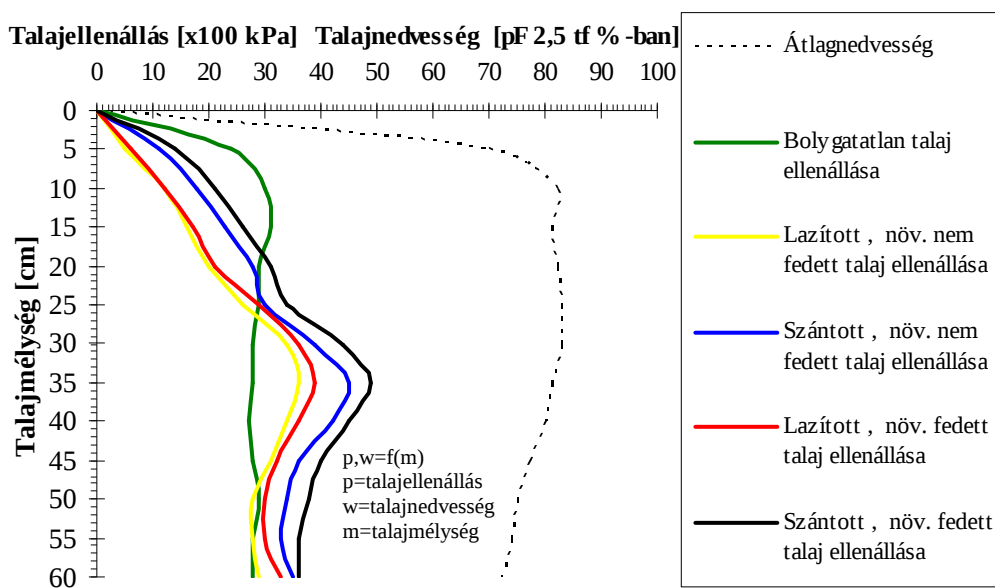
E1 – Bolygatatlan talaj; E2 – Lazított, művelt növényvel nem fedett talaj; E3 – Szántott, növényvel nem fedett talaj; E4 – Lazított, művelt növényvel fedett talaj; E5 – Szántott, növényvel fedett talaj.

A bolygatatlan talaj ellenállása 12 cm-es talajmélységig meredeken emelkedett, majd 25 cm-ig enyhén csökkent, ezt követően közel állandó maradt. A művelési mélység tartományában a művelt talajok ellenállásai szignifikánsan kisebbek voltak, mint a bolygatatlan talajé. A legnagyobb különbség 10 cm-es mélységben elérte a 2,4 MPa-t. Itt a bolygatatlan talaj ellenállása a 2-2,5-szer nagyobb volt, mint a művelté. A 30 cm-es mélység után a lazított talaj ellenállásértékei a bolygatatlan talaj ellenállásértékeit kissé meghaladják. A szántott talaj ellenállásértékei 30 cm-es mélység után szignifikánsan nagyobbak, mint a bolygatatlan talajé. A szántott talajok ellenállásértékeit ábrázoló görbéken látható kipúposodások eketalpbetegségekre utalnak. Az itt jelentkező legnagyobb talajellenállás-érték 4,8 MPa 70 tf% nedvességi érték mellett. A lazított talajon a legnagyobb érték 3,5 MPa. Az eketalpbetegség jelensége jellemző kipúposodás is kevésbé figyelhető meg. A művelt növényvel fedett, illetve nem fedett talajok ellenállás-értékei között kis különbségek voltak, amelyeket csak egy esetben lehetett statisztikailag is igazolni. A vizsgált talajok tömörödöttségi állapotát jellemezve, megállapítható, hogy a művelés mélységéig a művelt talajok lényegesen lazább állapotúak, mint a bolygatatlan. Ebben a rétegben a művelt talajok között azonban nincsenek lényeges különbségek. A művelés mélysége után a bolygatatlan és lazított talajok tömörödöttségi állapota közel azonos. Szántott talajok viszont nagyobb tömörödöttségi állapotot mutattak, mint a bolygatatlan. A művelt növényvel fedett,

illetve nem fedett talajok tömörödöttségi állapota között statisztikailag igazolható különbséget csak egy esetben találtam.

4.3.2.3. Művelési rendszerek és a talaj tömörödöttsége közötti összefüggés a tenyészidő végső szakaszában

A bolygatatlan és művelt talajok mért nedvesség értékeinek átlagára átszámított ellenállás értékeit a 32. ábra mutatja (mért 17. sz. melléklet), míg az ezek közötti összehasonlítás szignifikancia eredményeit a 21. táblázat adja meg.



33. ábra A tömörödöttség összehasonlító értékelése réti csernozjom talajon a tenyészidőszak végén (Megyaszó-Újvilágtanya, 2001. 09. 07.)

21. táblázat

Az ellenállás-értékek összehasonlításának szignifikancia eredménytáblázata a tenyészidőszak végén réti csernozjom talajon

E1 – Bolygatatlan talaj; E2 – Lazított, művelt növényvel nem fedett talaj; E3 – Szántott, növényvel nem fedett talaj; E4 – Lazított,

0-5 SzD5%= 0,37					5-10 SzD5%= 0,66					10-15 SzD5%= 0,66					15-20 SzD5%= 0,64				
[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4
E2	1,88				E2	1,83				E2	1,45				E2	0,89			
E3	1,32	0,56			E3	1,19	0,64			E3	0,79	0,66			E3	0,13	0,76		
E4	1,83	0,05	0,51		E4	1,75	0,08	0,56		E4	1,35	0,10	0,56		E4	0,76	0,13	0,63	
E5	1,02	0,86	0,30	0,81	E5	0,87	0,96	0,32	0,88	E5	0,44	1,01	0,35	0,91	E5	0,16	1,05	0,29	0,92
20-25 SzD5%= 0,58					25-30 SzD5%= 0,46					30-35 SzD5%= 0,73					35-40 SzD5%= 0,68				
[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4
E2	0,29				E2	0,53				E2	0,83				E2	0,73			
E3	0,13	0,42			E3	1,09	0,56			E3	1,76	0,93			E3	1,44	0,71		
E4	0,02	0,31	0,11		E4	0,78	0,25	0,31		E4	1,07	0,24	0,69		E4	0,85	0,12	0,59	
E5	0,58	0,87	0,45	0,56	E5	1,53	0,99	0,43	0,75	E5	2,16	1,33	0,40	1,09	E5	1,74	1,01	0,30	0,89
40-45 SzD5%= 0,89					45-50 SzD5%= 0,54					50-55 SzD5%= 0,39					55-60 SzD5%= 0,62				
[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4
E2	0,30				E2	0,05				E2	0,05				E2	0,04			
E3	0,85	0,55			E3	0,53	0,58			E3	0,53	0,57			E3	0,67	0,63		
E4	0,43	0,13	0,42		E4	0,11	0,17	0,41		E4	0,14	0,19	0,39		E4	0,45	0,41	0,21	
E5	1,20	0,90	0,35	0,77	E5	0,93	0,98	0,40	0,81	E5	0,82	0,87	0,29	0,68	E5	0,82	0,78	0,15	0,37

szignifikáns értékek

művelt növényvel fedett talaj; E5 – Szántott, növényvel fedett talaj.

A bolygatatlan talaj felső rétegben a talaj ellenállás görbéje meredeken emelkedett, ezt követően kisebb hullámzásokkal közel állandó maradt. A művelt talajok ellenállás görbéje kevésbé meredeken emelkedett. A lazított talaj ellenállása 25 cm-es a szántott talajé 10-15 cm-es mélységtartományig szignifikánsan kisebb volt, mint a bolygatatlané. Lazított és a szántott talajok között szinte a teljes mélységtartományban statisztikailag is kimutatható különbségek voltak.

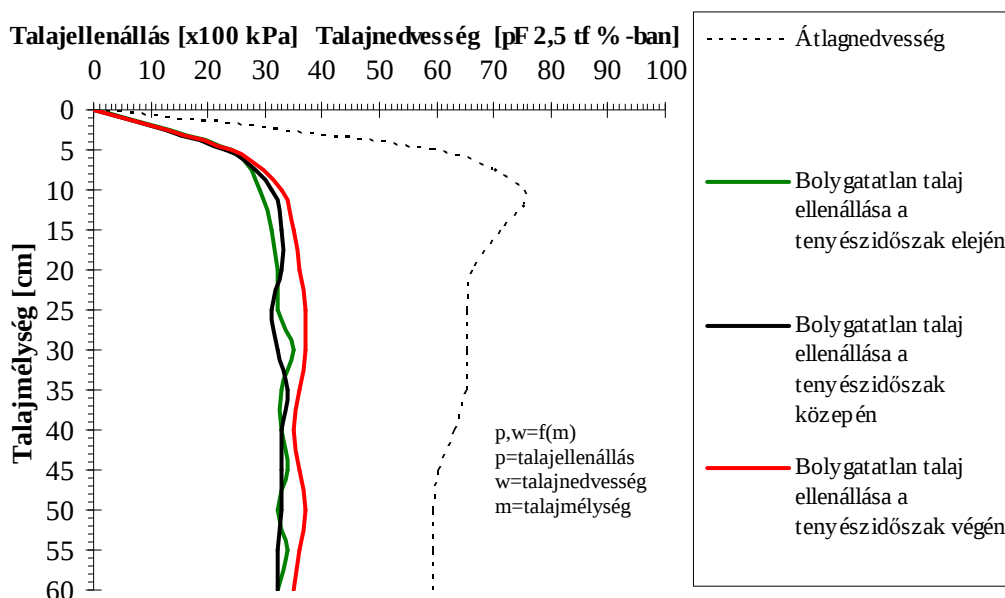
A művelt növényvel fedett és nem fedett talajok között különbségek voltak a ellenállás értékei között, de szignifikáns különbségeket nem sikerült kimutatni. A művelés mélysége alatt a lazított talaj ellenállása az eketalprétegben 25-40 cm között szignifikánsan nagyobb volt, mint a bolygatatlané.

A szántott területeken a művelés mélységét követően szinte végig szignifikánsan nagyobb volt a talaj ellenállása, mint a bolygatatlanon. A tömörödöttségi állapotot jellemelve megállapítható, hogy a lazított talaj tömörödöttsége szinte a teljes mélységtartományban statisztikailag is igazolhatóan kisebb volt, mint a csak szántotté. A szántott talaj tömörödöttségi állapota a művelés mélysége alatt szinte végig nagyobbak adódott, mint a bolygatatlan talajé. Ez a lazított talajoknál csak az eketalprétegben volt így. A tenyészdőszak végére a művelési mélységben csökkentek a tömörödöttségi állapotok közötti különbségek. A szántott talaj tömörödöttségi állapota már csak 15 cm-es talajmélységig volt kisebb, mint a bolygatatlan talajé.

4.3.2.4. A talaj tömörödöttségének változása a teljes tenyészidő alatt

A bolygatatlan talaj három mérési időpontjában mért nedvesség-értékeinek átlagára átszámolt ellenállás értékeit a 34. ábra mutatja (mért 18. sz. melléklet), míg az ezek közötti összehasonlítás szignifikancia eredményeit a 22. táblázat adja meg.

Az ellenállásértékek között csak kis különbségek látszanak és statisztikailag is kimutatható különbséget egyik mélységtartományban sem kaptam. Ebből megállapítható, hogy a tenyészidőszak alatt a talaj tömörödöttségi állapotában változás nem történt.



34. ábra Bolygatatlan réti csernozjom talaj tömörödöttségi állapotának változása a tenyészidőszak alatt (Megyaszó-Újvilágtanya, 2001. 04.29. – 09. 27.)

22. táblázat

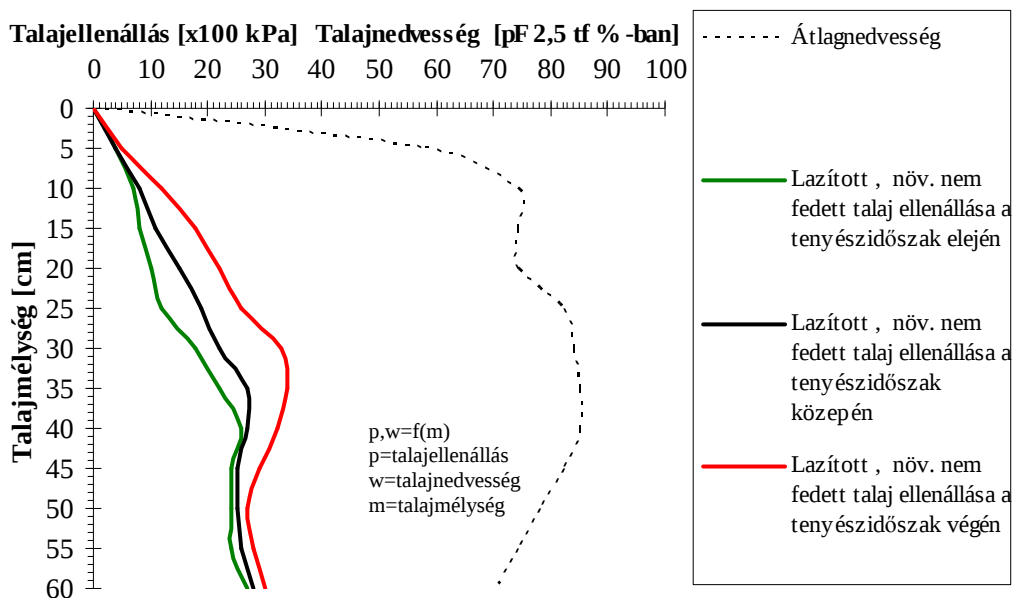
Bolygatatlan réti csernozjom talajon a tenyészidőszak alatt történt ellenállás változásának szignifikancia eredménytáblázata

0-5	SzD5%= 0,48				5-10	SzD5%= 0,49				10-15	SzD5%= 0,52				15-20	SzD5%= 0,67			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	0,09				E2	0,15				E2	0,20				E2	0,07			
E3	0,01	0,10			E3	0,35	0,20			E3	0,40	0,20			E3	0,45	0,38		
20-25	SzD5%= 0,83				25-30	SzD5%= 0,86				30-35	SzD5%= 0,94				35-40	SzD5%= 0,85			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	0,05				E2	0,31				E2	0,07				E2	0,03			
E3	0,57	0,61			E3	0,16	0,47			E3	0,29	0,22			E3	0,24	0,27		
40-45	SzD5%= 0,97				45-50	SzD5%= 0,81				50-55	SzD5%= 0,67				55-60	SzD5%= 0,53			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	0,07				E2	0,12				E2	0,16				E2	0,06			
E3	0,23	0,29			E3	0,53	0,41			E3	0,23	0,39			E3	0,37	0,31		

szignifikáns értékek

E1 – Bolygatatlan talaj tenyésztidőszak elején; E2 – Bolygatatlan talaj tenyésztidőszak közepén; E3 – Bolygatatlan talaj tenyésztidőszak végén

A lazított, növényvel nem fedett talaj három mérési időpontjában mért nedvességértékeinek átlagára átszámolt ellenállás értékeit a 35. ábra mutatja (mért 19. sz. melléklet), míg az ezek közötti összehasonlítás szignifikancia eredményeit a 23. táblázat adja meg.



35. ábra Lazított, növényvel nem fedett réti csernozjom talaj tömörödöttségi állapotának változása a tenyésztidőszak alatt (Megyaszó-Újvilágtanya, 2001. 04. 29. – 09. 07.)

23. táblázat

Lazított, növényvel nem fedett réti csernozjom talajon a tenyészidőszak alatt történt ellenállás változásának szignifikancia eredmény táblázata

0-5 SzD5%= 0,35				5-10 SzD5%= 0,63				10-15 SzD5%= 0,56				15-20 SzD5%= 0,46			
[cm]	E1	E2		[cm]	E1	E2		[cm]	E1	E2		[cm]	E1	E2	
E2	0,05			E2	0,15			E2	0,31			E2	0,45		
E3	0,09	0,14		E3	0,57	0,41		E3	1,01	0,70		E3	1,21	0,76	
20-25 SzD5%= 0,31				25-30 SzD5%= 0,48				30-35 SzD5%= 0,53				35-40 SzD5%= 0,50			
[cm]	E1	E2		[cm]	E1	E2		[cm]	E1	E2		[cm]	E1	E2	
E2	0,65			E2	0,37			E2	0,49			E2	0,05		
E3	1,42	0,77		E3	1,52	1,15		E3	1,19	0,70		E3	0,63	0,57	
40-45 SzD5%= 0,53				45-50 SzD5%= 0,41				50-55 SzD5%= 0,43				55-60 SzD5%= 0,31			
[cm]	E1	E2		[cm]	E1	E2		[cm]	E1	E2		[cm]	E1	E2	
E2	0,17			E2	0,11			E2	0,15			E2	0,13		
E3	0,51	0,33		E3	0,31	0,21		E3	0,37	0,23		E3	0,27	0,15	

szignifikáns értékek

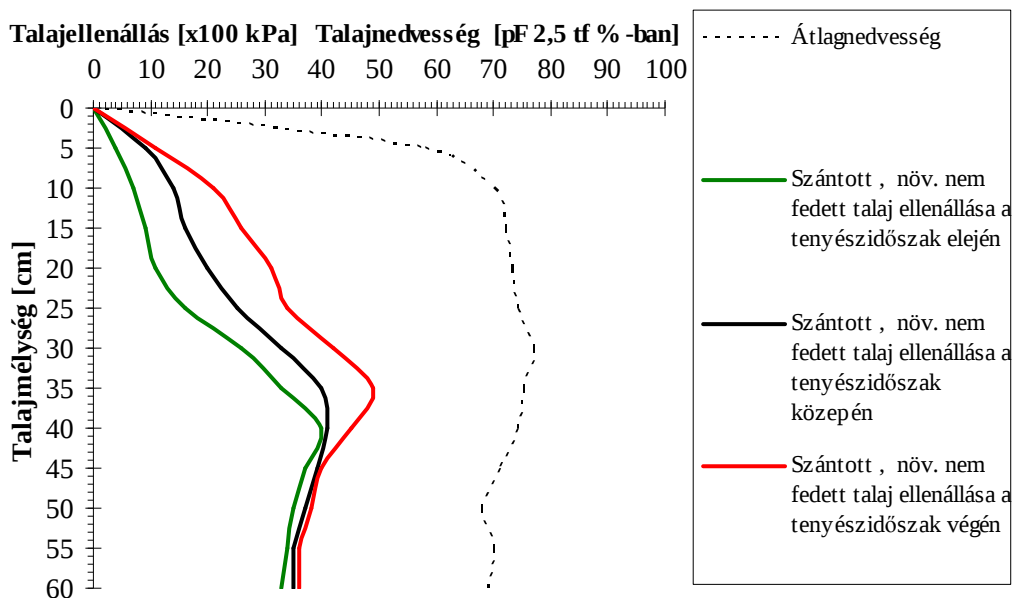
E1 – Lazított, növényvel nem fedett talaj a tenyészidőszak elején; E2 – Lazított, növényvel nem fedett talaj a tenyészidőszak közepén; E3 – Lazított, növényvel nem fedett talaj a tenyészidőszak végén.

A tenyészidőszak eleje és közepe között csak egy esetben mutatható ki szignifikáns talajellenállás növekedés. A közepe és vége között 10-40 cm-es mélységtartományban már szignifikáns talajellenállás-növekedés volt kimutatható.

Az idő előre haladtával az eketalpbetegségre utaló jelek erősödtek meg. A kritikus 3 MPa-os értéket az ellenállás a talajlazítózásnak köszönhetően csak a 28-45 cm-es talajmélységben haladta meg. A 40 cm-es talajmélység után már statisztikailag igazolható különbségek a tenyészidőszak alatt nem alakultak ki.

A talaj tömörödöttségi állapotának változásával kapcsolatosan az ellenállásértékek elemzése alapján megállapítható, hogy a talaj tömörödöttségi állapota 40 cm-es talajmélységig nőtt. A 40 cm-es mélységtartomány alatt már statisztikailag igazolható változást nem tapasztaltam.

A szántott, növényvel nem fedett talaj három mérési időpontjában mért nedvesség értékeinek átlagára átszámolt ellenállás értékeit mutatja a 36. ábra (mért 20. sz.



melléklet), míg az ezek közötti összehasonlítás szignifikancia eredményeit a 24. táblázat adja meg.

36. ábra Szántott, növényvel nem fedett réti csernozjom talaj tömörödtségi állapotának változása a tenyészidőszak alatt (Megyaszó-Újvilágtanya, 2001. 04. 29. – 09. 07.)

$p, w = f(m)$
 p = talajellenállás
 w = talajnedvesség
 m = talajmélység

24. táblázat

Szántott, növényvel nem fedett réti csernozjom talajon a tenyészidőszak alatt történt ellenállás változásának szignifikancia eredménytáblázata

0-5	SzD5%= 0,25				5-10	SzD5%= 0,47				10-15	SzD5%= 0,50				15-20	SzD5%= 0,80			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	0,51				E2	0,70				E2	0,75				E2	0,95			
E3	0,67	0,15			E3	1,45	0,75			E3	1,71	0,95			E3	2,07	1,13		
20-25	SzD5%= 0,77				25-30	SzD5%= 0,56				30-35	SzD5%= 0,35				35-40	SzD5%= 0,20			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	0,83				E2	0,75				E2	0,63				E2	0,05			
E3	1,79	0,96			E3	1,65	0,90			E3	1,52	0,89			E3	0,45	0,41		
40-45	SzD5%= 0,22				45-50	SzD5%= 0,29				50-55	SzD5%= 0,36				55-60	SzD5%= 0,61			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	0,17				E2	0,18				E2	0,11				E2	0,17			
E3	0,27	0,10			E3	0,25	0,07			E3	0,20	0,09			E3	0,34	0,17		

szignifikáns értékek

E1 – Szántott, növényvel nem fedett talaj a tenyészidőszak elején; E2 – Szántott, növényvel nem fedett talaj a tenyészidőszak közepén; E3 – Szántott, növényvel nem fedett talaj a tenyészidőszak végén.

A tenyészidőszak eleje és közepe között 35 cm-es talajmélységig mutatható ki szignifikáns ellenállás növekedés, a tenyészidőszak közepe és vége között már viszont 45 cm-ig. A 40 cm-es talajmélység alatt egyik időszak között sem volt statisztikailag is igazolható különbség. Az eketalpbetegségekre utaló göbe kipúposodások mindhárom időszakban kimutathatók voltak. A 3 MPa-os ellenállásérték-határt 70 tf%-os nedvességi érték mellett a tenyészidőszak elején 32 cm-es, a tenyészidőszak végén 20

cm-es talajmélységtől érték el görbék és már nem is csökkentek azok alá. A legnagyobb ellenállásérték-növekedés 20 cm-es talajmélységben volt mérhető 2 MPa, mely 200%-os értéknövekedésnek felelt meg. A tenyészidőszak elején mért maximális érték 4,0 MPa, míg a végén 4,9 MPa volt.

A talaj tömörödöttségi állapotának változásával kapcsolatosan megállapítható, hogy 40-45 cm-es mélységig a tenyészidőszak alatt az jelentősen nőtt. Ez alatt azonban nem változott. A 3 MPa-t meghaladó tömör réteg a tenyészidőszak folyamán egyre jobban kiszélesedett a talaj felszíne felé.

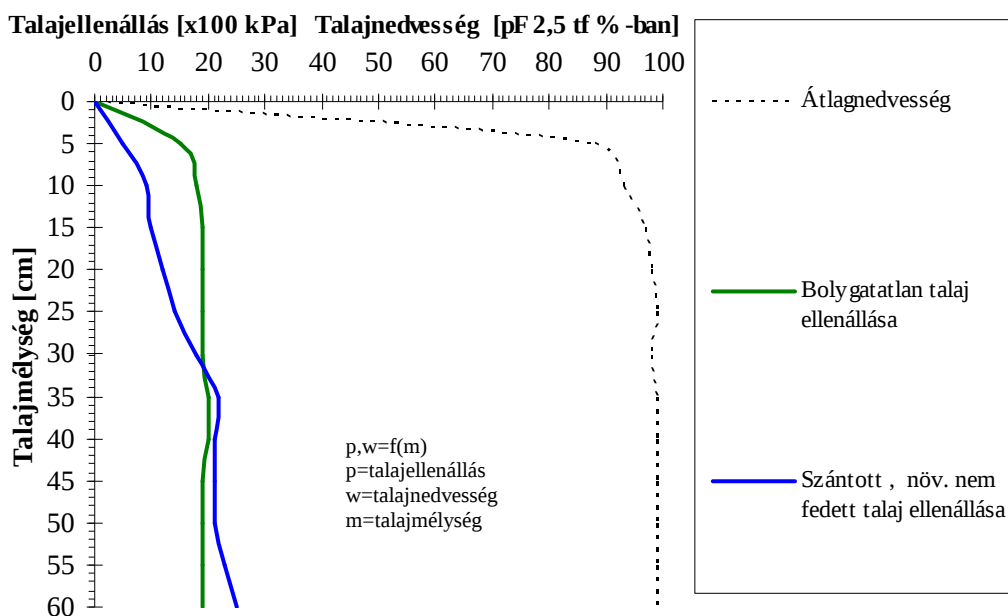
A művelt növényvel fedett és nem fedett talajok tömörödöttségi állapotainak változásában lényeges különbségek nem voltak. Így ezeket külön nem elemzem.

Érdekes azonban összehasonlítani a lazított és szántott talajokat. Összességében elmondható, hogy a tenyészidőszak alatt mind két talaj tömörödöttségi állapota nőtt a 45 cm-es talajmélységig. A változás azonban a szántott talajokon nagyobb mértékű volt. A lazított talaj esetében a 3 MPa-os értéknél nagyobb csak tenyészidőszak végén 27-45 cm-es mélységtartományban kaptam. A csak szántott talajnál már a tenyészidőszak elején is 33 cm-es mélységtől lehetett 3 MPa-nál nagyobb értéket mérni. A 3 MPa meghaladó tömör réteg a tenyészidőszak végére sokkal jobban kiszélesedett. Lényegében a 20 cm-es talajmélység alatt a szántott kezelt talajnál erősen tömörödés volt mérhető. A lazított talajnál viszont csak az eketalprétegben jelentkezett a tömörödés.

4.3.3. Művelési rendszerek és a tömörödöttség összefüggései agyagos réti talajon

4.3.3.1. Művelési rendszerek és a talaj tömörödöttsége közötti összefüggés a tenyészidő kezdeti szakaszában

A szántott és bolygatatlan talajok mért nedvességértékeinek átlagára átszámított ellenállásértékeket a 37. ábra mutatja (mért 21. sz. melléklet), míg az ezek közti összehasonlítás szignifikancia eredményeit a 25. táblázat adja meg.



37. ábra A tömörödöttség összehasonlító értékelése agyagos réti talajon a tenyészidőszak elején (Taktaharkány-Rónahát dűlő, 2001. 04. 29.)

25. táblázat

Talajellenállás-értékek összehasonlításának szignifikancia eredménytáblázata a tenyészidőszak elején agyagos réti talaj esetén

0-5	SzD5%= 0,06				5-10	SzD5%= 0,37				10-15	SzD5%= 0,36				15-20	SzD5%= 0,33			
[cm]	E1				[cm]	E1				[cm]	E1				[cm]	E1			
E2	1,00				E2	0,94				E2	0,93				E2	0,72			
20-25	SzD5%= 0,28				25-30	SzD5%= 0,15				30-35	SzD5%= 0,19				35-40	SzD5%= 0,20			
[cm]	E1				[cm]	E1				[cm]	E1				[cm]	E1			
E2	0,43				E2	0,06				E2	0,18				E2	0,10			
40-45	SzD5%= 0,20				45-50	SzD5%= 0,17				50-55	SzD5%= 0,45				55-60	SzD5%= 0,49			
[cm]	E1				[cm]	E1				[cm]	E1				[cm]	E1			
E2	0,19				E2	0,17				E2	0,44				E2	0,56			

szignifikáns értékek

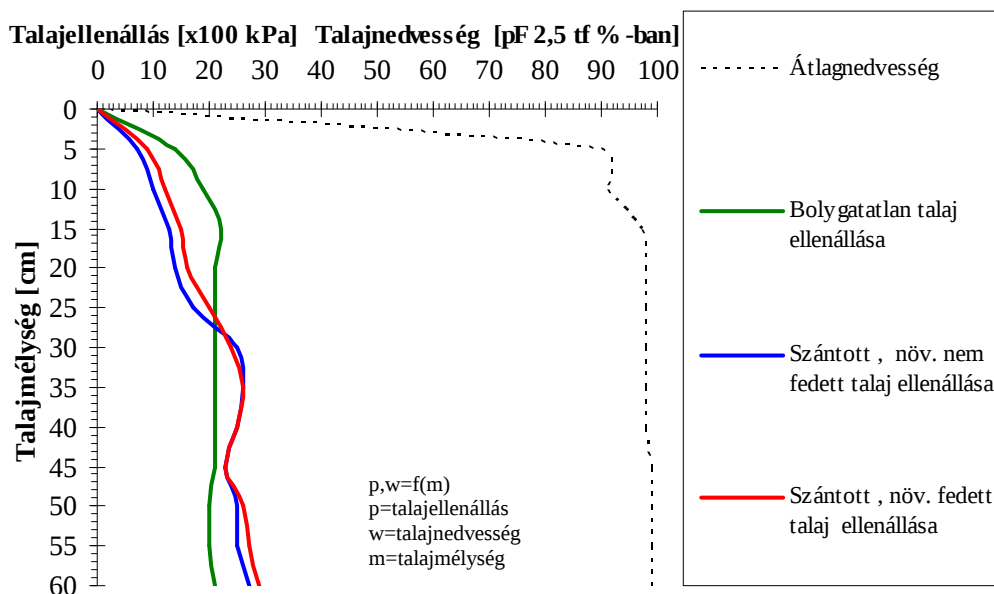
A bolygatatlan talaj ellenállásának görbéje a felső 10 cm-es rétegben meredeken emelkedett, majd közel állandó maradt. A nagy talajnedvességnek köszönhetően a maximális ellenállásérték alig érte el a 2,5 MPa-t.

A szántott talaj ellenállása statisztikailag igazolhatóan kisebb volt 25 cm-es mélységig. 32 cm-es talajmélységtől egy kicsivel nagyobb, de szignifikáns különbséget csak két mélységtartományban lehetett kimutatni. Eketalpbetegségekre utaló kipúposodás is csak nagyon enyhén volt tapasztalható. A két talaj tömörödöttségi állapotát összehasonlítva megállapítható, hogy a művelés hatása (a művelt réteg lazább állapota) még a nagy talajnedvességi értékek mellett is egyértelműen kimutatható volt, eketalpjelenség alig volt érzékelhető, a szántott talajok alsóbb rétegeinek nagyobb tömörödöttsége azonban már ennél a nedvességi szintnél is statisztikailag igazolható volt.

4.3.3.2. Művelési rendszerek és a talaj tömörödöttsége közötti összefüggés a tenyészidő középső szakaszában

A szántott és bolygatatlan talajok mért nedvességértékeinek átlagára átszámított ellenállás-értékeket a 38. ábra mutatja (mért 22. sz. melléklet), míg az ezek közti összehasonlítás szignifikancia eredményeit a 26. táblázat adja meg a tenyészidőszak közepén.

A bolygatatlan talaj ellenállása a felső 15 cm-es rétegben meredeken emelkedik, majd ezt követően közel állandó értéken marad. A nagy talajnedvességnek köszönhetően hasonlóan a tenyészidőszak eleji állapothoz a maximális ellenállásérték nem éri el a 3 MPa-t. A szántott növényvel fedett és nem fedett talajok ellenállása között 0-27 és 50-60 cm-es rétegekben voltak kisebb különbségek.



38. ábra A tömörödöttség összehasonlító értékelése agyagos réti talajon a tenyészidőszak közepén (Taktaharkány-Rónahát dűlő, 2001. 07. 03.)

26. táblázat

Talajellenállás-értékek összehasonlításának szignifikancia eredménytáblázata a tenyészidőszak közepén agyagos réti talaj esetén

0-5	SzD5%= 0,64				5-10	SzD5%= 0,68				10-15	SzD5%= 0,46				15-20	SzD5%= 0,43			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	0,73				E2	0,96				E2	0,97				E2	0,67			
E3	0,53	0,20			E3	0,73	0,23			E3	0,69	0,27			E3	0,43	0,24		
20-25	SzD5%= 0,41				25-30	SzD5%= 0,54				30-35	SzD5%= 0,47				35-40	SzD5%= 0,67			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	0,37				E2	0,37				E2	0,58				E2	0,35			
E3	0,05	0,31			E3	0,31	0,05			E3	0,57	0,01			E3	0,36	0,01		
40-45	SzD5%= 0,28				45-50	SzD5%= 0,40				50-55	SzD5%= 0,51				55-60	SzD5%= 0,62			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	0,19				E2	0,46				E2	0,45				E2	0,60			
E3	0,13	0,05			E3	0,58	0,12			E3	0,71	0,26			E3	0,85	0,25		

szignifikáns értékek

E1 – Bolygatatlan talaj; E2 – Szántott, növényvel nem fedett talaj; E3 – Szántott, növényvel fedett talaj.

A szántott, növényvel fedett talaj ellenállása ezekben a mélységtartományokban kicsivel nagyobbak voltak a növényvel nem fedettnél. Statisztikailag igazolható különbségek azonban nem voltak kimutathatók. A szántott talaj ellenállása 20 cm-es mélységig szignifikánsan kisebb, mint a bolygatatlané. Ezzel szemben a 25 cm-es mélység alatt a szántott talajok ellenállásai végig nagyobbak, mint a bolygatatlané. Statisztikailag

igazolható különbségek a 30-35 és 45-60 cm-ig terjedő rétegekben voltak kimutathatóak.

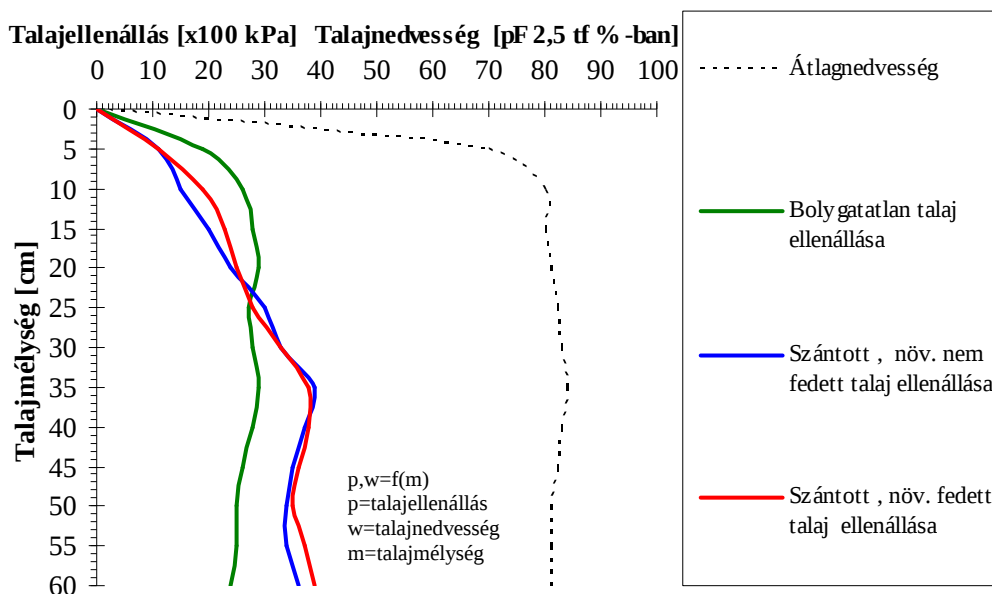
A két talaj tömörödöttsége a tenyészidőszak eleji állapothoz hasonló és a művelt réteg lazább állapota statisztikailag igazolható. Ebben az időszakban az eketalpjelenséget mutató rétegben is szignifikáns különbség volt kimutatható szántott és bolygatatlan talajok között.

A szántott talajok alsóbb (50-60 cm) rétegeinek nagyobb tömörödöttsége véleményem szerint itt is az erő- és betakarítógépek gumibroncsainak tömörítő hatását jelzik.

4.3.3.3. Művelési rendszerek és a talaj tömörödöttsége közötti összefüggés a tenyészidő végső szakaszában

A bolygatatlan és szántott talajok mért nedvességértékeinek átlagára átszámított ellenállásértékeit a 39. ábra mutatja (mért 23. sz. melléklet), míg az ezek közti összehasonlítás szignifikancia eredményeit a 27. táblázat adja meg a tenyészidőszak végén. Művelés mélysége alatt mind két szántott talaj ellenállása statisztikailag igazolhatóan meghaladja a bolygatatlant.

A szántott talajok tömörödöttségi állapotát jellemezve megállapítható, hogy a csökkenő talajnedvesség hatására 85 tf%-os nedvességi érték mellett már 4 MPa-os maximális ellenállásérték volt mérhető. A talajellenállás görbén jelentkező eketalpbetegségekre utaló kipúposodás is határozottabban jelentkezik, mint a tenyészidőszak korábbi időszakaiban.



39. ábra A tömörödöttség összehasonlító értékelése agyagos réti talajon a tenyészidőszak végén (Taktaharkány-Rónahát dűlő, 2001. 09. 07.)

27. táblázat

Talajellenállás-értékek összehasonlításának szignifikancia eredménytáblázata a tenyészidőszak végén agyagos réti talaj esetén

0-5 [cm] SzD5%= 0,62				5-10 [cm] SzD5%= 0,45				10-15 [cm] SzD5%= 0,44				15-20 [cm] SzD5%= 0,55			
E1	E2			E1	E2			E1	E2			E1	E2		
E2	0,81			E2	1,07			E2	0,85			E2	0,49		
E3	0,81	0,01		E3	0,71	0,35		E3	0,57	0,29		E3	0,32	0,17	
20-25 [cm] SzD5%= 0,40				25-30 [cm] SzD5%= 0,34				30-35 [cm] SzD5%= 0,16				35-40 [cm] SzD5%= 0,30			
E1	E2			E1	E2			E1	E2			E1	E2		
E2	0,32			E2	0,52			E2	0,97			E2	0,93		
E3	0,12	0,20		E3	0,53	0,01		E3	0,85	0,12		E3	1,00	0,07	
40-45 [cm] SzD5%= 0,53				45-50 [cm] SzD5%= 0,57				50-55 [cm] SzD5%= 0,54				55-60 [cm] SzD5%= 0,47			
E1	E2			E1	E2			E1	E2			E1	E2		
E2	0,88			E2	0,93			E2	0,89			E2	1,17		
E3	0,97	0,09		E3	0,95	0,02		E3	1,21	0,32		E3	1,46	0,29	

szignifikáns értékek

E1 – Bolygatatlan talaj; E2 – Szántott, növényvel nem fedett talaj; E3 – Szántott, növényvel fedett talaj.

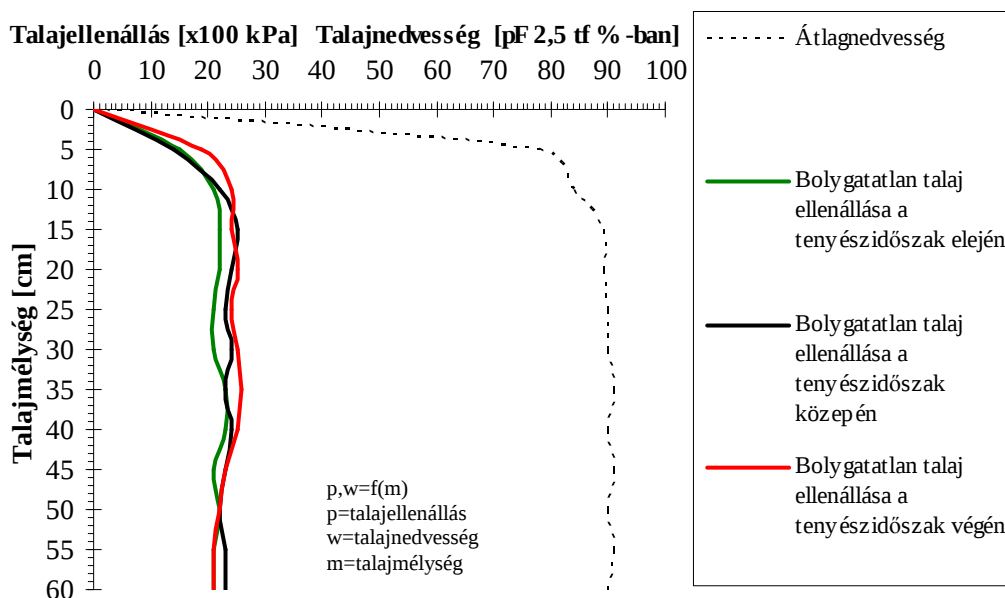
A szántott növényvel fedett, illetve nem fedett talajok tömörödöttségi állapota között statisztikailag is igazolható különbségek nem voltak kimutathatóak.

A bolygatatlan és a szántott talajok tömörödöttségi állapotát összehasonlítva látható, hogy a művelés hatása felső 20 cm-es talajrétegben még mindig megtalálható. A szántott talajok 15 cm-es mélysége szignifikánsan kisebb ellenállás értékei lazább talajállapotokra utalnak. Az alsóbb rétegekben (25-60 cm) a szántott talajok

statisztikailag igazolhatóan nagyobb ellenállás-értékei a művelt rétegek tömörebb állapotát jelzik.

4.3.3.4. A talaj tömörödöttségének változása a teljes tenyészidő alatt

A bolygatatlan talaj három mérési időpontjában mért nedvesség értékének átlagára átszámolt ellenállásértékeit mutatja a 40. ábra mutatja (mért 24. sz. melléklet), míg az ezek közötti összehasonlítás szignifikancia eredményeit a 28. táblázat adja meg. Az ellenállásértékek közt csak minimális különbségek látszanak és statisztikailag igazolható különbséget egyik mélységtartományban sem kaptam. Ebből megállapítható, hogy a tenyészidőszak alatt a talaj tömörödöttségi állapotában változás nem történt.



40. ábra Bolygatatlan agyagos réti talaj tömörödöttségi állapotának változása a tenyészidőszak alatt (Taktaharkány-Rónahát dűlő, 2001. 04. 29. – 09. 07.)

28. táblázat

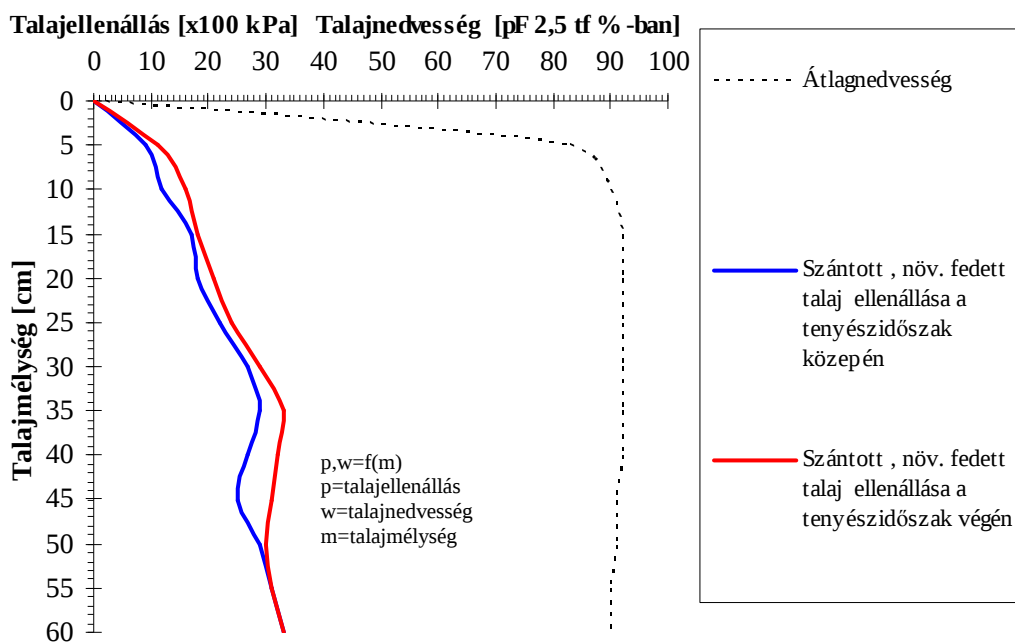
Bolygatatlan agyagos réti talajon a tenyészidőszak alatt történt ellenállás változásának szignifikancia eredménytáblázata

0-5	SzD5%= 0,85				5-10	SzD5%= 0,61				10-15	SzD5%= 0,36				15-20	SzD5%= 0,48			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	0,12				E2	0,10				E2	0,32				E2	0,22			
E3	0,41	0,53			E3	0,29	0,19			E3	0,26	0,06			E3	0,35	0,13		
20-25	SzD5%= 0,45				25-30	SzD5%= 0,44				30-35	SzD5%= 0,39				35-40	SzD5%= 0,66			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	0,22				E2	0,25				E2	0,03				E2	0,14			
E3	0,25	0,03			E3	0,39	0,15			E3	0,37	0,35			E3	0,24	0,10		
40-45	SzD5%= 0,24				45-50	SzD5%= 0,19				50-55	SzD5%= 0,57				55-60	SzD5%= 0,49			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	0,20				E2	0,09				E2	0,20				E2	0,19			
E3	0,15	0,05			E3	0,01	0,08			E3	0,05	0,15			E3	0,08	0,27		

szignifikáns értékek

E1 – Bolygatatlan talaj a tenyészedőszak elején; E2 – Bolygatatlan talaj a tenyészedőszak közepén; E3 – Bolygatatlan talaj a tenyészedőszak végén.

A tenyészedőszak alatt mért nedvesség-értékek átlagára átszámolt ellenállás értékeket szántott növényvel fedett talaj esetén a 41. ábra mutatja (mért 25. sz. melléklet), míg az ezek közötti összehasonlítás szignifikancia eredményeit a 29. táblázat adja meg.



41. ábra Szántott, növényvel fedett agyagos réti talaj tömörödtségi állapotának változása a tenyészedőszak alatt (Taktaharkány-Rónahát dűlő, 2001. 04.29. – 09. 07.)

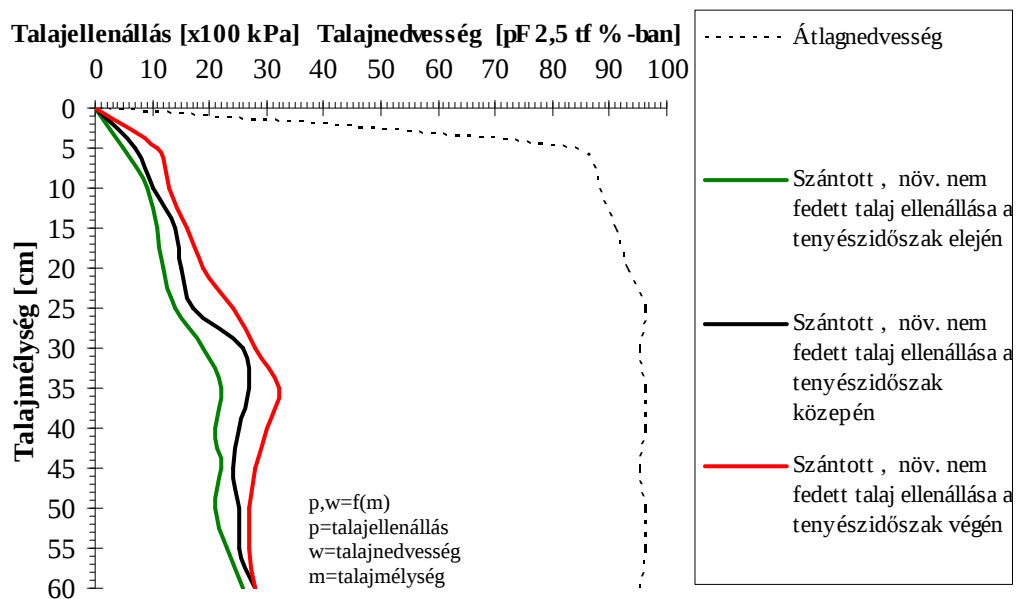
29. táblázat

Szántott, növényvel fedett agyagos réti talajon a tenyészedőszak alatt történt talajellenállás változásának szignifikancia eredménytáblázata

0-5	SzD5% = 0,25	5-10	SzD5% = 0,33	10-15	SzD5% = 0,16	15-20	SzD5% = 0,26
[cm]	E1	[cm]	E1	[cm]	E1	[cm]	E1
E2	0,26	E2	0,35	E2	0,19	E2	0,27
20-25	SzD5% = 0,27	25-30	SzD5% = 0,21	30-35	SzD5% = 0,32	35-40	SzD5% = 0,30
[cm]	E1	[cm]	E1	[cm]	E1	[cm]	E1
E2	0,21	E2	0,23	E2	0,40	E2	0,52
40-45	SzD5% = 0,46	45-50	SzD5% = 0,31	50-55	SzD5% = 0,38	55-60	SzD5% = 0,51
[cm]	E1	[cm]	E1	[cm]	E1	[cm]	E1
E2	0,65	E2	0,07	E2	0,03	E2	0,03

szignifikáns értékek

E1 – Szántott, növényvel fedett talaj a tenyészedőszak közepén; E2 – Szántott, növényvel fedett talaj a tenyészedőszak végén.



42. ábra Szántott, növényvel nem fedett agyagos réti talaj tömörödtségi állapotának változása a tenyészidőszak alatt (Taktaharkány-Rónahát dűlő, 2001. 04.29. – 09. 07.)

30. táblázat

Szántott, növényvel nem fedett agyagos réti talajon a tenyészidőszak alatt történt ellenállás változásának szignifikancia eredménytáblázata

0-5	SzD5%= 0,07				5-10	SzD5%= 0,34				10-15	SzD5%= 0,44				15-20	SzD5%= 0,38			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	0,15				E2	0,10				E2	0,29				E2	0,27			
E3	0,60	0,45			E3	0,37	0,27			E3	0,55	0,26			E3	0,67	0,40		
20-25	SzD5%= 0,38				25-30	SzD5%= 0,38				30-35	SzD5%= 0,31				35-40	SzD5%= 0,31			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	0,31				E2	0,69				E2	0,50				E2	0,39			
E3	0,95	0,64			E3	0,87	0,18			E3	0,99	0,49			E3	0,91	0,51		
40-45	SzD5%= 0,43				45-50	SzD5%= 0,23				50-55	SzD5%= 0,30				55-60	SzD5%= 0,44			
[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2			[cm]	E1	E2		
E2	0,21				E2	0,37				E2	0,19				E2	0,21			
E3	0,64	0,43			E3	0,60	0,23			E3	0,27	0,17			E3	0,22	0,01		

szignifikáns értékek

E1 – Szántott, növényvel nem fedett talaj a tenyészidőszak elején; E2 – Szántott, növényvel nem fedett talaj a tenyészidőszak közepén; E3 – Szántott, növényvel nem fedett talaj a tenyészidőszak végén.

A talajellenállás-értékek 50 cm-es mélységig több esetben statisztikailag igazolhatóan magasabbak a tenyészidőszak végén. Az 50-60 cm-es talajrétegben azonban nem történt

változás. A tenyészedőszak végén 90 tf%-os nedvességi érték mellett 30 cm alatti talajmélységben 3 MPa fölötti ellenállásértékeket kaptam. A fentiek alapján megállapítható, hogy a talaj tömörödöttségi állapota 50 cm-es mélységig nőtt, alatta azonban nem változott.

A tenyészedőszak alatt mért eredeti nedvesség-értékek átlagára átszámolt ellenállás értékeket szántott növényvel nem fedett talaj esetén a 42. ábra mutatja (mért 26. sz. melléklet), míg az ezek közötti összehasonlítás szignifikancia eredményeit a 30. táblázat adja meg.

A tenyészedőszak eleje és közepe között csak néhány esetben mutatható ki szignifikáns talajellenállás-növekedés. A közepe és vége közt azonban 45 cm-es mélységtartományban szinte minden rétegben szignifikáns növekedést mértem. A tenyészedőszak eleje és a vége között 50 cm-es talajmélységig egyértelmű szignifikáns ellenállás-növekedés volt tapasztalható.

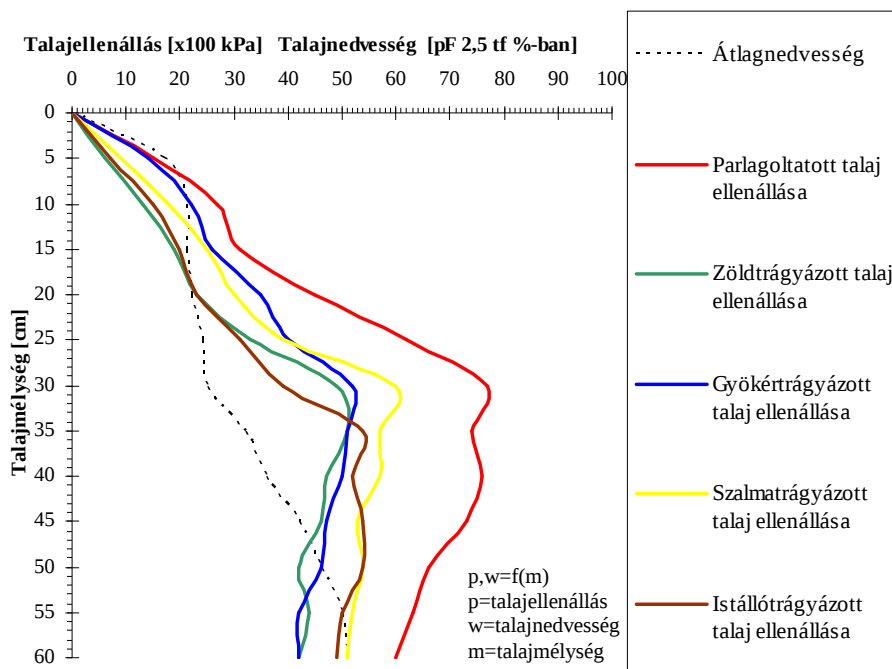
A magas talajnedvesség eredményeképpen még a tenyészedőszak végén is csak szűk mélységtartományban (32-42 cm) mértem 3 MPa-nál nagyobb ellenállás-értéket. Az ellenállás-görbén így is megfigyelhető volt az eketalpbetegségekre utaló kipúposodás.

A talajellenállás-értékek változásának elemzése alapján megállapítható, hogy a tömörödöttségi állapot 50 cm-es talajmélységig nőtt, ugyanakkor 50 cm alatt statisztikailag igazolható változás nem következett be.

4.4. Talajállapot vizsgálatok homokjavító vetésforgókban

A Westsik-féle vetésforgó kísérletek 73 éve folynak a területeken, így lehetőségem nyílt a 73 éve beállított különböző vetésforgóknak a talajtömörödöttségi állapotára gyakorolt hatásának vizsgálatára. A tömörödöttségi állapotot a behatolás ellenállás értékkel jellemzem, oly módon, hogy a vizsgált kezelések talajain mért eredeti nedvesség értékeinek átlagára átszámolt ellenállás-értékeket hasonlítottam össze. Mivel a terület kelet-nyugat irányában homokdomb formájában helyezkedik el a változó térszín miatt a terület talaja erősen heterogén. Ennek megfelelően a kezelések között öt-öt mérőhelyen végeztem összehasonlítást a domb nyugati alján, a domb nyugati oldalán, a dombtetőn, a domb keleti oldalán és a domb keleti alján. Az öt mérőhelyen együttesen, illetve nagyobb hányadában jelentkező hatásokat tekintettem a területre jellemzőeknek. A vetésforgókban mért talajellenállás és nedvességi értékeket mérőhelyenként és 5 cm-es mélységenként átlagolva a 27-31. sz. mellékletek mutatják.

Az öt különböző vetésforgóban mért nedvességértékeinek átlagra átszámított ellenállásértékeket mutatják mérőhelyenként a 43-47. ábrák, míg az ellenállásértékek mérőhelyenkénti összehasonlításának szignifikancia eredményeit a 31-35. táblázatok adják meg. Az öt mérőhelyen a vetésforgók között jelentkező különbségek jobb nyomon követhetősége érdekében szerkesztettem a 36. összefoglaló táblázatot.



43. ábra Vizsgált vetésforgók talajtömörödöttségi állapotának összehasonlítása a domb nyugati alján (Nyíregyháza 1998. július 01. - 14.)

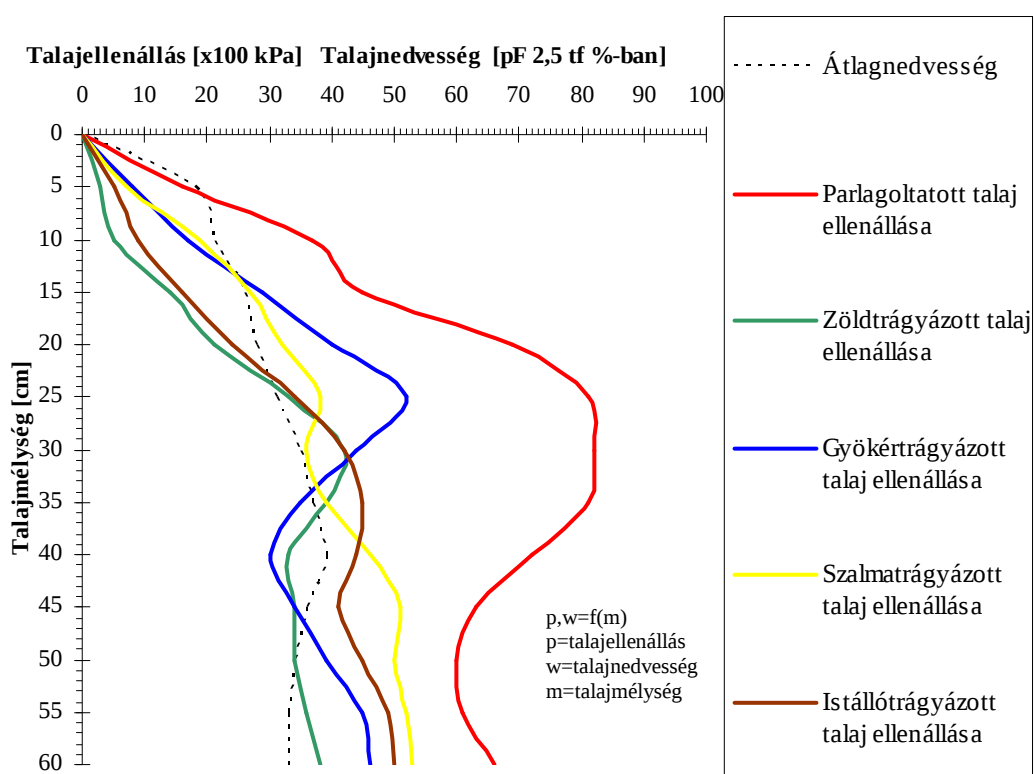
31. táblázat

Talajellenállás-értékek összehasonlításának szignifikancia eredménytáblázata a domb nyugati alján

0-5 [cm]					5-10 [cm]					10-15 [cm]					15-20 [cm]				
SzD5%= 0,48					SzD5%= 0,33					SzD5%= 0,82					SzD5%= 1,06				
E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4	
E2	0,91				E2	1,43				E2	1,16				E2	2,12			
E3	0,05	0,86			E3	0,57	0,86			E3	0,45	0,71			E3	0,93	1,19		
E4	0,52	0,39	0,47		E4	0,90	0,53	0,33		E4	0,56	0,60	0,11		E4	1,43	0,69	0,50	
E5	0,72	0,19	0,67	0,20	E5	1,23	0,19	0,66	0,33	E5	1,04	0,12	0,59	0,49	E5	2,13	0,01	1,20	0,7
20-25 [cm]					25-30 [cm]					30-35 [cm]					35-40 [cm]				
SzD5%= 1,24					SzD5%= 1,03					SzD5%= 1,18					SzD5%= 0,53				
E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4	
E2	2,91				E2	2,79				E2	2,23				E2	2,86			
E3	2,23	0,68			E3	2,48	0,31			E3	2,27	0,04			E3	2,56	0,30		
E4	2,28	0,63	0,05		E4	1,64	1,14	0,84		E4	1,64	0,59	0,63		E4	1,92	0,94	0,64	
E5	3,10	0,19	0,87	0,82	E5	3,82	1,04	1,34	2,18	E5	1,94	0,29	0,33	0,30	E5	2,43	0,43	0,13	0,51
40-45 [cm]					45-50 [cm]					50-55 [cm]					55-60 [cm]				
SzD5%= 0,76					SzD5%= 0,46					SzD5%= 0,60					SzD5%= 0,58				
E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4	
E2	2,75				E2	2,38				E2	1,94				E2	1,83			
E3	2,64	0,11			E3	1,93	0,45			E3	2,14	0,20			E3	1,77	0,06		
E4	2,00	0,74	0,64		E4	1,16	1,21	0,77		E4	1,19	0,75	0,96		E4	0,90	0,93	0,87	
E5	1,94	0,81	0,70	0,07	E5	1,20	1,18	0,73	0,04	E5	1,34	0,60	0,81	0,15	E5	1,12	0,71	0,65	0,22

szignifikáns értékek

E1 – Parlagoltatott; E2 –Zöldtrágyázott; E3 –Gyökértrágyázott; E4 –Szalmatrágyázott; E5 –Istállótrágyázott.



44. ábra Vizsgált vetésforgók talajtömörödöttségi állapotának összehasonlítása a domb nyugati oldalán (Nyíregyháza 1998. július 01. - 14.)

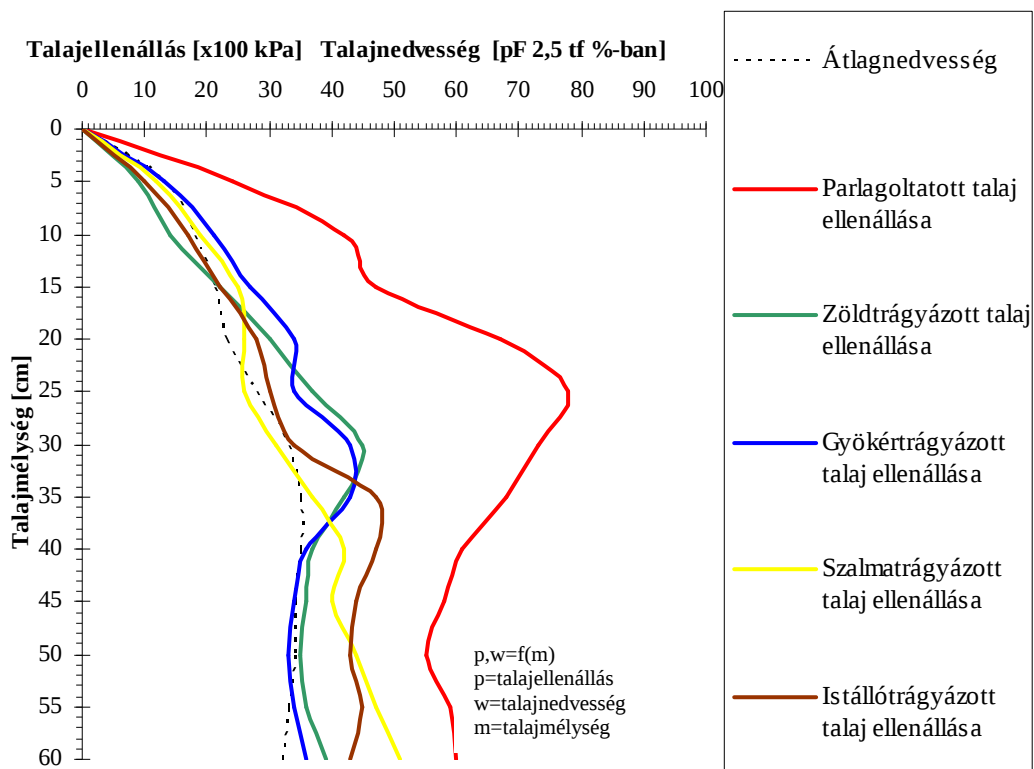
32. táblázat

Talajellenállás-értékek összehasonlításának szignifikancia eredménytáblázata a domb nyugati oldalán

0-5 SzD5%= 0,44					5-10 SzD5%= 0,79					10-15 SzD5%= 1,24					15-20 SzD5%= 0,92				
[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4
E2	1,29				E2	3,21				E2	3,04				E2	4,71			
E3	0,79	0,50			E3	2,00	1,21			E3	1,57	1,47			E3	2,83	1,87		
E4	0,91	0,38	0,12		E4	1,83	1,38	0,18		E4	1,82	1,22	0,25		E4	3,63	1,08	0,79	
E5	1,10	0,19	0,31	0,19	E5	2,80	0,41	0,80	0,98	E5	2,89	0,15	1,32	1,07	E5	4,48	0,23	1,65	0,85
20-25 SzD5%= 1,20					25-30 SzD5%= 1,45					30-35 SzD5%= 0,94					35-40 SzD5%= 0,85				
[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4
E2	4,84				E2	4,04				E2	4,20				E2	3,91			
E3	2,90	1,94			E3	3,82	0,22			E3	4,64	0,44			E3	4,24	0,33		
E4	4,31	0,53	1,41		E4	4,61	0,57	0,79		E4	4,26	0,06	0,38		E4	2,62	1,29	1,61	
E5	4,67	0,17	1,77	0,36	E5	4,04	0,00	0,22	0,57	E5	3,66	0,54	0,98	0,60	E5	2,83	1,08	1,40	0,21
40-45 SzD5%= 1,10					45-50 SzD5%= 0,74					50-55 SzD5%= 0,74					55-60 SzD5%= 1,07				
[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4
E2	2,89				E2	2,58				E2	2,50				E2	2,80			
E3	2,93	0,04			E3	2,13	0,45			E3	1,63	0,87			E3	1,99	0,82		
E4	1,24	1,66	1,70		E4	1,05	1,53	1,07		E4	0,89	1,61	0,74		E4	1,30	1,50	0,68	
E5	2,20	0,70	0,74	0,96	E5	1,57	1,01	0,56	0,52	E5	1,18	1,32	0,45	0,29	E5	1,58	1,22	0,40	0,28

szignifikáns értékek

E1 – Parlagoltatott; E2 – Zöldtrágyázott; E3 – Gyökértrágyázott; E4 – Szalmatrágyázott; E5 – Istállótrágyázott.



45. ábra Vizsgált vetésforgók talajtömörödöttségi állapotának összehasonlítása a domb tetején (Nyíregyháza 1998. július 01. - 14.)

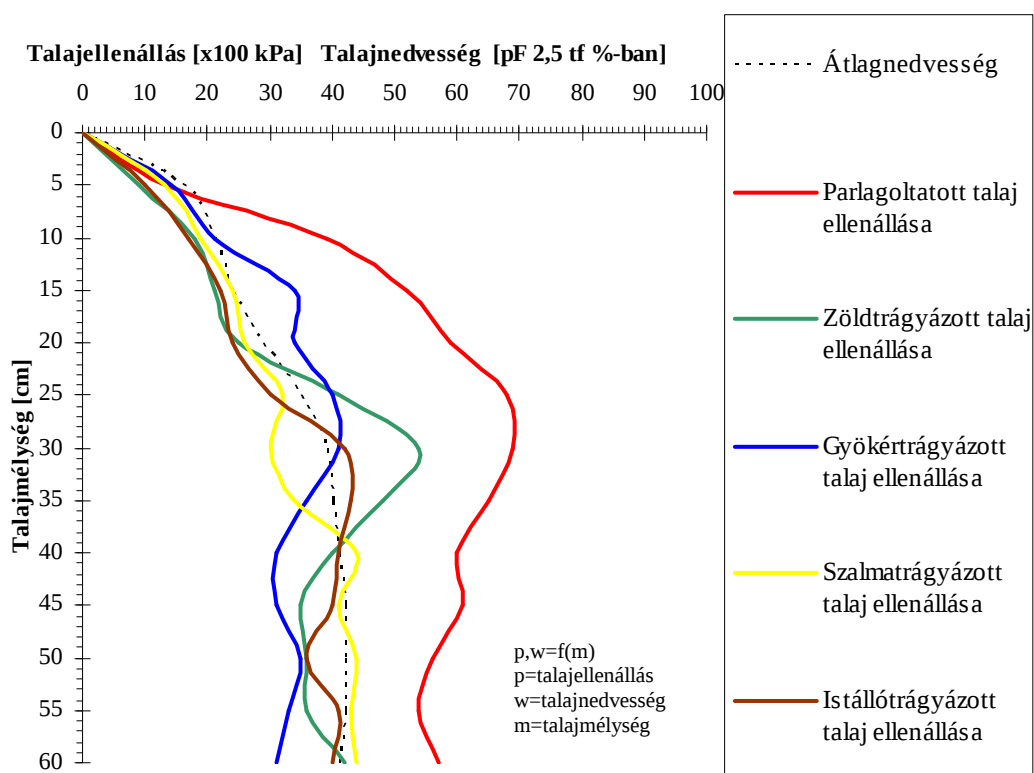
33. táblázat

Talajellenállás-értékek összehasonlításának szignifikancia eredménytáblázata a domb tetején

0-5 [cm]					5-10 [cm]					10-15 [cm]					15-20 [cm]				
SzD5%= 0,34					SzD5%= 0,97					SzD5%= 0,92					SzD5%= 0,83				
E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4	
E2	1,45				E2	2,84				E2	2,50				E2	3,69			
E3	1,11	0,34			E3	2,12	0,72			E3	1,93	0,57			E3	3,26	0,43		
E4	1,19	0,26	0,08		E4	2,28	0,56	0,16		E4	2,18	0,32	0,25		E4	4,12	0,43	0,86	
E5	1,33	0,11	0,23	0,15	E5	2,49	0,35	0,37	0,21	E5	2,45	0,06	0,51	0,27	E5	3,85	0,15	0,59	0,27
20-25 [cm]					25-30 [cm]					30-35 [cm]					35-40 [cm]				
SzD5%= 0,39					SzD5%= 0,49					SzD5%= 0,66					SzD5%= 0,75				
E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4	
E2	4,14				E2	2,74				E2	2,59				E2	2,40			
E3	4,46	0,32			E3	2,91	0,17			E3	2,50	0,09			E3	2,46	0,06		
E4	5,27	1,13	0,81		E4	4,13	1,39	1,22		E4	3,13	0,54	0,63		E4	1,88	0,53	0,58	
E5	4,85	0,71	0,39	0,42	E5	3,87	1,13	0,96	0,26	E5	2,13	0,46	0,37	1,00	E5	1,38	1,02	1,08	0,49
40-45 [cm]					45-50 [cm]					50-55 [cm]					55-60 [cm]				
SzD5%= 0,94					SzD5%= 0,91					SzD5%= 0,81					SzD5%= 0,41				
E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4		E1	E2	E3	E4	
E2	2,14				E2	1,99				E2	2,29				E2	2,16			
E3	2,38	0,25			E3	2,20	0,21			E3	2,50	0,21			E3	2,42	0,25		
E4	1,75	0,38	0,63		E4	1,04	0,95	1,15		E4	1,25	1,04	1,25		E4	0,93	1,23	1,49	
E5	1,40	0,74	0,99	0,36	E5	1,17	0,82	1,02	0,13	E5	1,44	0,86	1,06	0,19	E5	1,73	0,43	0,69	0,80

szignifikáns értékek

E1 – Parlagoltatott; E2 –Zöldtrágyázott; E3 –Gyökertrágyázott; E4 –Szalmatrágyázott; E5 –Istállótrágyázott.



46. ábra Vizsgált vetésforgók talajtömörödöttségi állapotának összehasonlítása a domb keleti oldalán (Nyíregyháza 1998. július 01. - 14.)

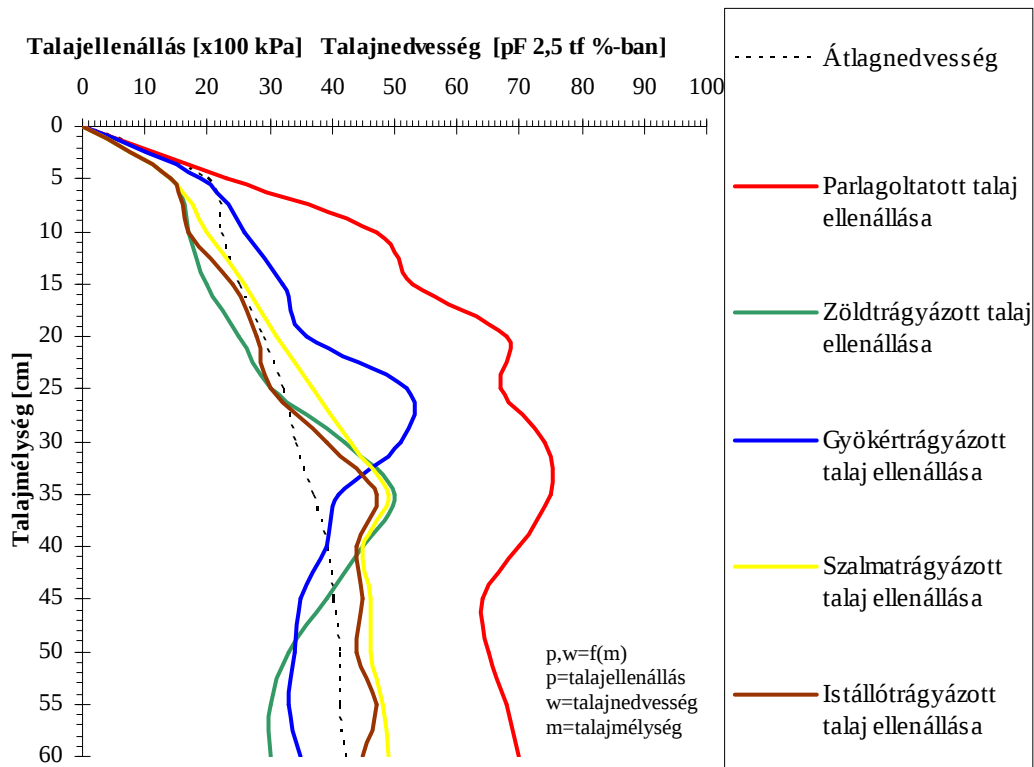
34. táblázat

Talajellenállás-értékek összehasonlításának szignifikancia eredménytáblázata a domb keleti oldalán

0-5 SzD5%= 0,31					5-10 SzD5%= 0,51					10-15 SzD5%= 1,15					15-20 SzD5%= 1,18				
[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4
E2	0,46				E2	2,06				E2	3,14				E2	3,48			
E3	0,07	0,53			E3	1,76	0,30			E3	1,82	1,32			E3	2,56	0,92		
E4	0,04	0,42	0,11		E4	1,92	0,14	0,16		E4	2,80	0,34	0,98		E4	3,34	0,15	0,77	
E5	0,35	0,11	0,42	0,31	E5	2,12	0,06	0,36	0,20	E5	2,99	0,15	1,16	0,19	E5	3,50	0,02	0,94	0,17
20-25 SzD5%= 0,96					25-30 SzD5%= 0,92					30-35 SzD5%= 0,81					35-40 SzD5%= 0,90				
[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4
E2	2,62				E2	1,48				E2	1,69				E2	2,08			
E3	2,75	0,13			E3	2,77	1,29			E3	2,97	1,28			E3	2,91	0,83		
E4	3,57	0,96	0,83		E4	3,92	2,44	1,15		E4	3,10	1,41	0,13		E4	1,63	0,45	1,28	
E5	3,76	1,14	1,01	0,18	E5	2,69	1,21	0,07	1,22	E5	2,27	0,58	0,70	0,83	E5	1,93	0,15	0,98	0,30
40-45 SzD5%= 0,81					45-50 SzD5%= 0,70					50-55 SzD5%= 0,64					55-60 SzD5%= 1,22				
[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4
E2	2,62				E2	2,01				E2	1,78				E2	1,41			
E3	2,96	0,35			E3	2,13	0,12			E3	2,11	0,32			E3	2,51	1,10		
E4	1,98	0,63	0,98		E4	1,23	0,78	0,90		E4	1,12	0,67	0,99		E4	1,30	0,12	1,22	
E5	2,16	0,46	0,80	0,18	E5	1,97	0,04	0,16	0,74	E5	1,28	0,50	0,82	0,17	E5	1,71	0,29	0,81	0,41

szignifikáns értékek

E1 – Parlagoltatott; E2 –Zöldtrágyázott; E3 –Gyökertrágyázott; E4 –Szalmatrágyázott; E5 –Istállótrágyázott.



47. ábra Vizsgált vetésforgók talajtömörödöttségi állapotának összehasonlítása a domb keleti alján (Nyíregyháza 1998. július 01. - 14.)

35. táblázat

Talajellenállás-értékek összehasonlításának szignifikancia eredménytáblázata a domb keleti alján

0-5 SzD5%= 0,44					5-10 SzD5%= 0,89					10-15 SzD5%= 1,06					15-20 SzD5%= 1,09				
[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4
E2	0,87				E2	3,05				E2	3,29				E2	4,25			
E3	0,41	0,47			E3	2,16	0,89			E3	2,05	1,24			E3	3,10	1,15		
E4	0,85	0,02	0,45		E4	2,71	0,34	0,55		E4	2,68	0,62	0,63		E4	3,60	0,65	0,50	
E5	0,90	0,03	0,49	0,05	E5	3,06	0,01	0,90	0,35	E5	2,90	0,39	0,85	0,22	E5	3,91	0,35	0,80	0,31
20-25 SzD5%= 0,74					25-30 SzD5%= 0,83					30-35 SzD5%= 0,90					35-40 SzD5%= 0,93				
[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4
E2	3,69				E2	3,20				E2	2,50				E2	2,53			
E3	1,48	2,20			E3	2,25	0,96			E3	3,40	0,90			E3	3,13	0,59		
E4	2,98	0,70	1,50		E4	3,07	0,13	0,83		E4	2,64	0,14	0,75		E4	2,50	0,04	0,63	
E5	3,71	0,03	2,23	0,73	E5	3,45	0,24	1,20	0,37	E5	2,80	0,30	0,59	0,16	E5	2,57	0,04	0,55	0,07
40-45 SzD5%= 0,70					45-50 SzD5%= 0,51					50-55 SzD5%= 0,77					55-60 SzD5%= 0,75				
[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4	[cm]	E1	E2	E3	E4
E2	2,50				E2	3,20				E2	3,85				E2	4,09			
E3	2,93	0,43			E3	3,05	0,15			E3	3,54	0,31			E3	3,53	0,55		
E4	1,77	0,73	1,15		E4	1,90	1,30	1,15		E4	2,04	1,82	1,51		E4	2,17	1,92	1,37	
E5	1,92	0,58	1,01	0,15	E5	2,07	1,13	0,99	0,16	E5	2,14	1,71	1,40	0,11	E5	2,60	1,49	0,94	0,43

szignifikáns értékek

E1 – Parlagoltatott; E2 –Zöldtrágyázott; E3 –Gyökértrágyázott; E4 –Szalmatrágyázott; E5 –Istállótrágyázott.

A 36. táblázatból látható, hogy a Westsik Vilmos által kontrollként beállított parlagos vetésforgó talaját - minden mérési helyen és talajmélységben - statisztikailag igazolhatóan, nagyobb behatolási ellenállásérték jellemzi a homokjavító forgók talajánál. Megállapítható, hogy a tápanyag-visszapótlás teljes hiányát jelentő parlagos forgó tömörödöttségi állapota a teljes talajmélységben nagyobb volt, mint a homokjavító vetésforgóké.

A talajellenállás görbék alakja alapján az összes vizsgált vetésforgónál kisebb-nagyobb mértékben kimutatható az eketalp-betegség. Ez leginkább a parlagterületen jelentkezett, a többi talaj állapota között nehéz különbséget találni. Ha a különböző mérési pontokon összevetjük a parlagoltatott vetésforgó legnagyobb ellenállásértékeit a homokjavító vetésforgók közül a legnagyobb értéket adókéval a különbségek igen nagyok (1,6; 3,5; 3,0; 2,2; 2,2 MPa). Ezek az értékek a parlagoltatott és homokjavító vetésforgók közötti lényeges tömörödöttségi állapotbeli különbségekre utalnak.

A legnagyobb különbségek az eketalp jelenséget is mutató 25-35 cm-ig terjedő talajrétegben adódtak. Számszakilag kisebb, de azért még jelentős 1,3 MPa közötti különbségek mutathatók ki a talaj mélyebb (40-60 cm) rétegében is. Megfigyelhető az is, hogy ebben a rétegben a parlagoltatott terület és a szalma, valamint az istálló-tárgyázott területek között kisebb a különbség, mint a parlagoltatott és a zöld, illetve gyökértrágyával kezelt területek között. Ez a csillagfürt gyökérzetének mélyebb talajrétegekben is jelentkező tömörödöttség csökkentő hatását tükrözi.

A zöldtrágyázott terület talajának behatolás-ellenállása a legtöbb mérési helyen szignifikánsan kisebb, mint a gyökértrágyázott talajé. A 30-60 cm közötti mélységtartományban a 36. táblázatban láthatóak szerint csak néhány esetben van statisztikailag is igazolható különbség.

A fentiek alapján megállapítható, hogy a zöldtrágyázással a talaj felsőbb rétegeibe leforgatott nagyobb mennyiségű szervesanyag jótékony hatásaként a két talaj tömörödöttségi állapotában különbségek mutathatók ki.

Az ellenállás-értékek összehasonlításából megállapítható, hogy a zöldtrágyázott terület talaja 25 cm-es mélységig kevésbé tömörödött állapotot mutat, mint a gyökértrágyázotté, 40 cm alatt azonban nincs statisztikailag igazolható különbség a két terület talaja között.

A zöldtrágyázott terület talaját összehasonlítva az istállótrágyázottéval a felső 20 cm-es rétegben az ellenállás-értékek közt nem kaptam szignifikáns különbséget. A 20-30 cm-es rétegben az istállótrágyás kezelés ellenállásértékei néhány esetben szignifikánsan kisebbek voltak, mint a zöldtrágyázotté. A 35-45 cm között viszont már a zöldtrágyázott terület talajának ellenállásértékei lesznek néhány esetben statisztikailag is igazolhatóan kisebbek. A 45 cm-es talajréteg után a zöldtrágyázott terület talaj ellenállásértékei egyértelműen kisebbek. A mérési helyek nagy többségében statisztikailag igazolhatóan is kisebb értékeket kaptam.

A két terület talajának tömörödöttségi állapotát összehasonlítva megállapítható, hogy 20 cm-es mélységig alapvetően nincs különbség köztük. A 20-30 cm mélységtartományban, néhány mérési helyen az istállótrágyával kezelt terület talajáé kisebb, mint a zöldtrágyázotté. A 35-45 cm-es talajrétegben már viszont néhány mérési helynél a zöldtrágyázotté bizonyult kevésbé tömörödöttnek. A 45 cm-es mélységtartománytól a zöldtrágyázott terület talaja a mérési helyek zömében kisebb tömörödöttségi állapotot mutat. Fentiek alapján levonható az a következtetés, hogy a zöld- és istállótrágyás kezelések hatása a 45 cm-es mélységig közel azonos, alatta

azonban eltér. A zöldtrágyaként használt csillagfürt gyökérzete és annak elbomlása enyhíti a talaj tömörödöttségét.

A zöldtrágyázott homokjavító vetésforgót összehasonlítva (36. táblázat) a szalmatrágyázottéval úgy találtam, hogy a 20 cm-es talajmélységig a zöldtrágyázott behatolási ellenállásértékei néhány mérési helyen kisebbek. A 25-30 cm-es rétegben viszont néhány esetben a szalmatrágyázott bizonyult jobbnak. A 35 cm-es mélység alatt viszont a zöldtrágyázott kezelés ellenállása egyre kisebb.

A 45 cm-es mélységtartomány alatt az ellenállás minden mérési pontban és mélységtartományban statisztikailag is igazolhatóan kisebb. A különbségek 60 cm-es mélységben a minden mérési helyen 1 MPa-nál nagyobbak és van ahol megközelítik a 2 MPa-t. Az ellenállás-értékekből következtetve a két terület talajának tömörödöttségi állapotára megállapítható, hogy a középső 25-35 cm-es réteg kivételével (ahol néhány mérési helyen a szalmatrágyázott volt szignifikánsan kisebb) a zöldtrágyázott terület talajáé volt a jobb. Így levonható az a következtetés, hogy a zöldtrágyázott kezelés hatása még a felső talajrétegben is jobb egy kicsivel, mint a szalmatrágyázotté. A 35 cm-es talajmélység alatt pedig a zöldtrágyaként használt csillagfürt gyökérzetének és annak elbomlásának hatására lényegesen kedvezőbb a lazultság mint a szalmatrágyás kezelés esetén.

A gyökertrágyázott vetésforgó talaj állapotát összehasonlítva a szalmatrágyázottéval látható (43-47. ábra, 36. táblázat), hogy 30 cm-es talajmélységig a szalmatrágyázott talaj behatolási ellenállásértékei kisebbek és 20-30 cm között a mérési helyek többségében statisztikailag is igazolhatóak. A 35-40 cm-es mélységtartományban viszont a gyökertrágyázott terület talajának ellenállás-értékei szignifikánsan kisebbek a mérési helyek többségében. A 45 cm-es mélység alatt szalmatrágyázott terület talajának ellenállásértékei minden mérési helyen statisztikailag is igazolhatóan nagyobbak adódtak. A két terület talajának tömörödöttségi állapotát összehasonlítva megállapítható, hogy a szalmatrágyás kezelés esetén a felső 20 - 25 cm-es talajréteg tömörödöttségi állapota jobb, 35 cm alatt viszont a gyökertrágyázott talaj lazább. A 45 cm alatt már minden mérési helyen szignifikánsan jobb eredményt kaptam. A legnagyobb különbség a nyugati domboldalon 40-45 cm között volt mérhető, 1,66 MPa. A fentiek alapján levonható az a következtetés, hogy a felső rétegekben érvényesült a szalmatrágyázással bevitt nagyobb szervesanyag mennyiség lazító hatása, 35 cm alatt viszont a gyökertrágyaként alkalmazott csillagfürt gyökérzet bírt tömörítést enyhít hatással.

A felső 30 cm-es talajmélységig az istállótrágyázott kezelés behatolási ellenállásértékei a mérési helyek többségében szignifikánsan kisebbek, mint gyökértrágyásban. A 30-35 cm-es mélységtartomány között kicsi a különbség, egy esetben igazolható statisztikailag is. Itt a gyökérkezeléses talaja lazább. A 35 cm-es mélységtartománytól a gyökérkezeléses talaj a mérési helyek nagy többségében szignifikánsan kisebb ellenállás értékeket adott. A különbségértékek több mérési helynél és mélységtartományban elég jelentősek, megközelítették az 1,5 MPa-t. Az istállótrágyával kezelt talaj tömörödöttségi állapota a felső 30 cm-es talajrétegben kedvezőbb, ez alatt viszont a gyökértrágyázotté mutatta a jobb állapotot. A fentiek alapján megállapítható, hogy a felső talajrétegben érvényesült a bevitt nagy mennyiségű szervesanyag (a szalmatrágyázásnál is jobban), de 35 cm alatt a gyökértrágyaként alkalmazott csillagfürt bizonyult jobbnak.

A szalmatrágyázott vetésforgó ellenállás értékeit összehasonlítva az istállótrágyázottal 42-47. ábrák alapján láthatjuk, hogy a felső rétegben az istállótrágyázott talaj ellenállásértékei a legtöbb mérési helyen kisebbek.

A középső rétegben a szalmatrágyázott talajellenállása három mérési helyen kisebb, kettőnél viszont nagyobb. Az alsó talajrétegben azonban az istállótrágyázott kezelés ellenállásértékei minden mérési helyen kisebbek. A különbségek ebben a mélységtartományban kicsik. A statisztikailag is igazolható (36. táblázat) különbségek a fent leírtak szerint oszlanak meg, de egy-egy mélységtartományban (5 cm-enként) az öt mérési hely közül csak egy-egy esetben kaptam szignifikáns különbséget. Vagyis a két talaj között meggyőző különbségekről nem beszélhetünk. Ennek megfelelően a két talaj tömörödöttségi állapota a teljes vizsgált mélységtartományban lényegében azonosnak tekinthető. A fent leírtak alapján megállapítható, hogy a szalma és istállótrágyázott kezelés lényegében azonos hatással volt a talaj tömörödöttségi állapotára.

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Újszerű módszert alakítottam ki a talajtömörödöttség – talajnedvességet is figyelembe vevő – vizsgálatára. A „nyíltszíni mérőrendszerben”, szántóföldön és természetes (művelés nélküli) körülmények között, valamint a Westsik-féle „több, mint 70 éve folyó” vetésforgó tartamkísérletben vizsgáltam a talajtömörödöttség mélységbeni elhelyezkedését és értékeit. Különös hangsúlyt helyeztem az eltérő fizikai talajféleségek mellett a művelési rendszerek és termesztéstechnológiák hatásaira.

A kialakított módszerhez újszerű vizsgálati tematikát alkalmaztam. Amelyet a mintegy másfél évtizede kifejlesztett (3T SYSTEM) berendezéssel mért talajellenállás és nedvesség értékeire alapoztam. Egyúttal egy olyan vizsgálati eljárást dolgoztam ki, amely lehetővé tette, hogy a talaj tömörödöttségének változását az alkalmazott mérőberendezés által – együttesen, azonos időpontban – mért értékekkel jellemezhessem.

Az általam megválasztott vizsgálati eljárás beigazolta feltételezéseimet. A talajtömörödöttség jellemzéséhez, befolyásoló tényezőinek megítéléséhez a talajellenállás és nedvesség egy időben és ugyanabban a talajszerkezetben való vizsgálata lehetőséget biztosított és egyúttal új eredményeket adott. Mindezek elősegítették a célul kitűzött kérdések megválaszolását.

A talaj mechanikai szerkezetének változásából adódó hatásokra a „nyíltszíni mérőrendszerben” végzett méréseim adtak választ. A talajművelési módok szerepére leginkább a szántóföldi, míg a talajművelési és növénytermesztési technológia talajtömörödöttséget befolyásoló hatására a Westsik-féle vetésforgóban végzett vizsgálataim eredményei adnak bizonyítható összefüggéseket.

Részletes következtetésem

A nyíltszíni mérőrendszerben a homok, a vályog és az agyagtalajok összehasonlíthatósága, jellemzése a térfogattömeg érték alapján valósult meg. A 10 cm-enkénti talajrétegek tömörödöttségi állapotának változásai kielégítően pontos képet adtak a vizsgálati talajok állapotáról. A legmagasabb térfogattömeg-értéket és a térfogattömeg-értékek közötti legnagyobb különbséget a homoktalajnál mértem (1,19-1,43 [g/cm³]), kisebb eltérést a vályogtalajon (1,15-1,32 [g/cm³]), és a legkisebbet az agyagtalajon (1,16-1,3 [g/cm³]).

A talajnedvesség függvényében ábrázolt talajellenállás mérővizsgálati pontthalmaza a vizsgált talajok (homok, vályog, agyag) teljes vizsgálati mélységtartományában rendkívül nagy szóródást mutatott. Az 5 cm-es talajmélység alatt az adathalmaz mindhárom talaj esetén összesűrűsödött. A vizsgálati pontthalmazok az összefüggéseket

laza függvényilleszkedéssel (homok: $R^2 = 0,6979$; vályog: $R^2 = 0,592$; agyag: $R^2 = 0,4325$) jellemezték.

Homok, vályog és agyag talaj 10 cm-es talajrétegeihez tartozó térfogattömeg-értékek mellett matematikailag és szakmailag jól értékelhető, szoros függvényillesztést adó függvénykapcsolatokkal írtam le az összefüggéseket. Az Excel-programmal elvégezhető függvényillesztések közül a legjobb illeszkedést a negatív kitevőjű hatványfüggvények adták (homoknál: $R = 0,94 - 0,97$; vályognál: $R = 0,89 - 0,97$; agyagnál: $R = 0,90 - 0,95$ értékhatárok között változó korrelációs tényezővel).

A meghatározott függvénykapcsolatokra építve módszert dolgoztam ki különböző talajon (homok, vályog, agyag) végzett művelési módok, és növénytermesztési technológiák hatásainak - a talajjellenállás mért értékein át történő, a talajnedvességet is figyelembe vevő – objektív összehasonlíthatóságára.

Szántóföldi vizsgálataim a talajok (humuszos homok, réti csernozjom, réti agyag) művelt rétegének növekvő tömörödését mutatták a tenyészidőszak alatt. A növekedés mértéke (50-120%-ot) ért el. A tenyészidőszak végére a talajok a felső 15-20 cm-es mélységtartományban adtak kisebb ellenállás-értékeket a művelés nélküli állapotokhoz képest.

Vizsgálataim azt bizonyították, hogy legnagyobb a talajjellenállása a művelés mélység alatti 5-10 cm-es talajmélység tartománynak.

Megállapítottam, hogy a 3 Mpa-kritikus értékhatárt meghaladó tömörödés a tenyészidőben a maximális talajjellenállást jellemző mélységtől felfelé szélesedik ki a művelt réteg 15-20 cm mélységű tartományáig.

Régi csernozjom talajon lazított valamint szántott területek állapotában jelentős különbséget találtam. A szántott talaj 4,8 MPa maximális talajjellenállásával szemben a lazított területen csak 3,5 MPa maximális ellenállásértéket mértem, 80 tf%-os nedvességérték mellett. A 3 MPa-t meghaladó tömörödés réteg is lényegesen keskenyebb volt (27-42 cm; 20-60 cm).

A tenyészdőszakban végzett vizsgálataim szerint a művelt talajok tömörödöttségi állapota a 0-45 cm-ig terjedő rétegben változott. E réteg alatt a művelések hatása nem volt kimutatható. A művelt talajok 45 cm-es mélysége alatt nagyobb az ellenállás mint a nem művelt területeken. Ennek oka az erő és betakarítógépek járószerkezeteinek talajra gyakorolt terhelésében kereshető.

A Westsik-féle homokjavító vetésforgókban végzett vizsgálataimmal igazoltam, hogy a szervesanyagok talajba juttatása nem csak a talaj termékenységére, hanem annak szerkezetességére, ezzel együtt lazultságára szignifikáns hatással van.

Kimutattam, hogy a zöldtrágyázás kedvező lazító hatása a teljes vizsgált talajrétegre kiterjed. A többi vetésforgóhoz viszonyítva itt a felső és az alsó rétegben is kedvező a talaj lazultsága. Az istálló- és szalmatrágyázással kezelt vetésforgó kedvező hatása a felső talajrétegben, míg a gyökértrágyázással kezelt az alsóbb rétegekben érvényesült. Vizsgálataim alapján az istálló- és szalmatrágyázott vetésforgók talajtömörödöttségre gyakorolt hatását azonosnak ítélt meg.

Javaslatok

A talajok tömörödöttségi állapotának behatolási ellenállásértékkel történő objektív jellemzéséhez a nedvességi állapotok figyelembevétele szükséges. Ez olyan mérővizsgálati berendezéssel (3T System) valósulhatott meg, mely a talaj egy centiméterenkénti rétegeiben együtt méri a talajellenállást és -nedvességet. A „3T SYSTEM” termőhelyi talajteszterrel homok, vályog, agyag fizikai féleségű talajokon vizsgálatokat végző szakemberek számára javaslom az általam kidolgozott talajellenállás, - nedvesség, -tömörödöttség talajjellemzőkre kiterjesztett összehasonlító transzformációs módszerem használatát. Ennek a talajtömörödöttség vizsgálatára vonatkozó gyakorlati alkalmazását a dolgozatomban mutattam be.

Mivel a vizsgálataim az erő- és betakarítógépek több éves egymásra szuperponálódott-tömörítő hatását igazolták, ezért fontosnak tartom és javaslom az ez irányú gumibroncs-fejlesztő kutatások folytatását, különös tekintettel a talajok fizikai állapotának (tömörödöttségének) változását figyelembevevő gumibroncs-fejlesztésekre.

A homokjavító vetésforgók vizsgálati eredményei a zöldtrágyázás talajállapot javító hatásának igazolásán keresztül a biológiai talajlazítás kihasználására hívom fel a figyelmet.

6. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

6.1. Módszertani eredmények

1. Három talajfizikai féleségre vonatkozóan a nyíltszíni mérőrendszer segítségével új módszert dolgoztam ki a nedvességtartalom, a talajellenállás és térfogattömeg közötti összefüggések meghatározására. A kialakított módszerhez újszerű vizsgálati tematikát alkalmaztam, amelyet a mintegy másfél évtizede kifejlesztett (3T SYSTEM) berendezéssel mért talajellenállás és nedvességi értékekre alapoztam.
2. A meghatározott talajellenállás-nedvesség közötti függvénykapcsolatokra építve módszert dolgoztam ki különböző talajokon (homok, vályog, agyag) végzett művelési módok, és növénytermesztési technológiák hatásainak – a talajellenállás mért értékein át történő, a talajnedvességet is figyelembe vevő – objektív összehasonlíthatóságára.

6.2. Számszerűsített eredmények, összefüggések

1. Homok, vályog és agyag talaj 10 cm-es talajrétegeihez tartozó térfogattömeg-értékek mellett matematikailag és szakmailag jól értékelhető, szoros függvényillesztést adó függvénykapcsolatokkal írtam le az összefüggéseket. Az Excel-programmal elvégezhető függvényillesztések közül a legjobb illeszkedést a negatív kitevőjű hatványfüggvények adták (homoknál: $R = 0,94 - 0,97$; vályognál: $R = 0,89 - 0,97$; agyagnál: $R = 0,90 - 0,95$ értékhatárok között változó korrelációs tényezővel).
2. Szántóföldi vizsgálataim a talajok (humuszos homok, réti csernozjom, réti agyag) művelt rétegének növekvő tömörödését mutatták a tenyészidőszak alatt.

A növekedés mértéke (50-120%-ot) ért el. A tenyészidőszak végére a talajok a felső 15-20 cm-es mélységtartományban adtak kisebb ellenállás-értékeket a művelés nélküli állapotokhoz képest.

Megállapítottam, hogy a 3 Mpa értékhatárt meghaladó tömörödés a tenyészidőben a maximális talajellenállást jellemző mélységtől felfelé terjed ki a művelt réteg 15-20 cm mélységű tartományáig.

3. Réti csernozjom talajon lazított valamint szántott területek állapotában jelentős különbséget találtam. A szántott talaj 4,8 MPa maximális talajellenállásával szemben a lazított területen csak 3,5 MPa maximális ellenállásértéket mértem, 80 tf%-os nedvességérték mellett. A 3 MPa-t meghaladó tömörréteg is lényegesen keskenyebb volt (27-42 cm; 20-60 cm).
4. A tenyészidőszakban végzett vizsgálataim szerint a művelt talajok tömörödöttségi állapota a 0-45 cm-ig terjedő rétegben változott. E réteg alatt a művelések hatása nem volt kimutatható. A művelt talajok 45 cm-es mélysége alatt nagyobb az ellenállás mint a nem művelt területeken. Ennek oka az erő és betakarítógépek járószerkezeteinek talajra gyakorolt terhelésében kereshető.
5. A Westsik-féle homokjavító vetésforgókban végzett vizsgálataimmal igazoltam, hogy a szervesanyagok talajba juttatása nem csak a talaj termékenységére, hanem annak szerkezetességére, ezzel együtt lazultságára szignifikáns hatással van.
Kimutattam, hogy a zöldtrágyázás kedvező lazító hatása a teljes vizsgált talajrétegre kiterjed. A többi vetésforgóhoz viszonyítva itt a felső és az alsó rétegben is kedvező lazultsága. Az istálló- és szalmatrágyázással kezelt vetésforgó kedvező hatása a felső talajrétegben, míg a gyökértrágyázással kezelt az alsóbb rétegekben érvényesült. Vizsgálataim alapján az istálló- és szalmatrágyázott vetésforgók talajtömörödöttségre gyakorolt hatását azonosnak ítélt meg.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném megköszönni a Nyíregyházi Főiskola Műszaki és Mezőgazdasági Karának, valamint Környezettechnikai Kutató Csoportja munkatársainak és vezetőjének, a Szerencsi Mezőgazdasági Rt. Vezetésének és munkatársainak, Főiskolánk Tangazdaság vezetőjének, a Debreceni Egyetem Nyíregyházi Kutató Központjának, a Szent István Egyetem Agrokémia és Talajtan Tanszékének és témavezetőimnek a mérések elvégzéséhez és a dolgozat elkészítéséhez nyújtott segítséget.

8. IRODALOMJEGYZÉK

1. A talaj mélyművelése. Vitaülés, MTA 1964. márc. 13. MTA Agrártud. Oszt. Közl. 23. 3-4. 355-420. Bevezető előadás Láng G. 355-662. Hozzászólások: Stefanovits P. 381-384., Klenczner I. 405-408. Cit.. in Birkás 2000.
2. ALAKUKKU, L. - ELONEN, P. 1994. Finnish experiments on subsoil compaction by vehicles with high axle load. Soil Till. Res. 29. 151-155.
3. BASCHFORD – JONES – MIELKE 1988. Comparison of bulk density beneath a belt track and tire. Applied Engineering in Agriculture. Vol. 4. No. 2. Cit .. in Jóri J. I. 1998.
4. BAUDER, J. W. – RANDALL, G. W. – SCHULER, T. 1984. Tillage and controlled-wheel traffic effects on soil properties, mechanical resistance and root growth of Zea mays L. J. Soil and Water Conserv. 337-354. Cit .. in Rátonyi. 1999.
5. BÁNHÁZI, J. 1984. A talaj néhány fizikai tulajdonsága. In: A szántóföldi munkagépek működésének elméleti alapjai (szerk. Bánházi J.) Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 9-29.
6. BÁNHÁZI, J. - FÜLÖP, G. 1982. Energiatakarékos talajművelési módszerek. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
7. BÁNHÁZI, J. - JÓRI, J. I. - SOÓS P. 1984. Középmélylazító szerszámok összehasonlító vizsgálata. Akadémiai Kiadó. Budapest.
8. BENECKE, P. 1966. Cit. Canarache 1991.
9. BILLEGE, J. 1938. A tárcsa és a tárcsás művelés. In: A tarlótól a magágyig. (Szerk. Marschall F.) Révai Ny. Budapest, 92-103- Cit.. in Birkás 1999.
10. BIRKÁS, M. 1987. A talajművelés minőségét befolyásoló agronómiai tényezők értékelése. Kandidátusi értekezés. Gödöllő.

11. BIRKÁS, M. 1991. Talajművelési szakvélemény és javaslat a Tapsonyi „Rákóczi” Termelőszövetkezetben végzett talajfizikai vizsgálatok alapján. Gödöllő. p. 68. Cit.. in Birkás. 2000.
12. BIRKÁS, M. 1993. Talajművelés. In: Földműveléstan (Szerk. Nyiri L.). Mezőgazda Kiadó. Budapest. 96-191.
13. BIRKÁS, M. 1994. Szakvélemény és javaslat a Szekszárdi Mezőgazdasági Rt. talajművelési rendszereinek továbbfejlesztéséhez. Szekszárd-Gödöllő. p. 53.
14. BIRKÁS, M. 1995. A hagyományos művelés hatásai a talajra. In: Birkás M. Energiatakarékos, talajvédő és kímélő talajművelés. GATE KTI. Egy. Jegyzet. 14-18. 72-73.
15. BIRKÁS, M.: 1995. A kukorica talajművelési rendszerei. Agrofórum. VI/5. 13-15.
16. BIRKÁS, M.: 1996/a. A talaj tömörödöttsége növeli a növénytermesztés kockázatát. Gyakorlati Agrofórum. VII/11. 12-14.
17. BIRKÁS, M. – ALBRECHT, L. – HOLLÓ, S.- NYÁRAI, H. F. – SZALAI, T. – PERCZE, A.: 1996/b. A tömörödöttség kialakulása a talajban és hatása a kukorica termésére és gyomosodására. Környezet- és tájgazdálkodási füzetek. II/1. 61-72.
18. BIRKÁS, M. 1997/a. A talajlazítás szükségessége és technológiai feltételei. MTA Agr. Műszaki Biz. Kut. és Fejl. Tanácskozása. Gödöllő. jan. 21-22. Kiadvány. 1. köt. 31-34.
19. BIRKÁS, M. 1997/b. Szakvélemény és javaslat a Szerencsi Mezőgazd. Rt. Taktaharkányi Kerülete talajainak állapotáról és a talajművelésről. Gödöllő, p 30 + mellékletek.
20. BIRKÁS, M.-NYÁRAI, F.-SZALAI, T. 1997/c. Experiments with direct drilling in Hungary-impact on soil condition, weed infestation and yield. ISTRO 14 th Conference „Agroecological and Economical Aspects of Soil Tillage. 27 July – 1 August 1997, Pulawy, Poland Proceedings in PNA Bibl. Fragmenta Agronomica 2 A, 97, 79-82.
21. BIRKÁS, M.-SZALAI, T.-NYÁRAI, H.-PERCZE, A. 1997/d. Kukorica direktvetéses tartamkísérletek eredményei barna erdőtalajon. Növénytermelés. 46. 4. 413-430.
22. BIRKÁS, M. 1998/a. A kukoricatalajok állapota és a művelési rendszerek az 1990-es években. Lekt. tanulmány. Gödöllő, p. 27.

23. BIRKÁS, M. - PERCZE, A. - GYURICZA, Cs. – SZALAI, T. 1998/b. Őszi búza direktvetéses kísérletek eredményei barna erdőtalajon. *Növénytermelés*. 47. 2. 181-198.
24. BIRKÁS, M. – GYURICZA, Cs. - GECSE, M. – PERCZE, CS. 1999/a. Az ismételt tárcsás sekélyművelés hatása egyes növénytermesztési tényezőkre barna erdőtalajon. *Növénytermelés*, 48. 4. 387-402.
25. BIRKÁS, M. – KRISZTIÁN, J. – NAGY, J. 1999/b. Talajhasználat és talajvédelem. *Növényterm. Tud. Nap, MTA 1999. jan. 26. Öf. Kiadv. (szerk. Ruzsányi L.-Pepó P.)* 10-12. *Kiadv. „Magyarország az ezrenfordulón” Stratégiai Kut. az MTA-n. Növénytermesztés s környezetvédelem. (szerk. Ruzsányi L.-Pepó P.). MTA Agr. Tud. Oszt. Budapest.* 19-29.
26. BIRKÁS, M. – SZEMŐK, A. 1999/c. Talajállapothibák és orvoslásuk. *Gyakorlati Agroforum. Különszám a talajművelésről.* 10. 7. 19-22.
27. BIRKÁS, M. 2000. A talajtömörödés kialakulása Magyarországon, következményei, megelőzésének és enyhítésének lehetőségei. *MTA Doktori Értekezés.*
28. BLAKE, G.R. et al., 1976. Persistence of subsoil compaction in a molisol. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 40. 943-947.
29. BLASKÓ, L. – KARUCZKA, A. – ZSEMBELI, J. – ZSIGRAI, GY. 1996. Különböző talajok tömörödöttségi állapota izotópos mérések alapján. *Környezet- és Tájgazdálkodási Füzetek.* II/1. 47-60.
30. BRUSSARD, L.-FAASSEN, H.G. van 1994. Effects of compaction on soil biota and soil biological processes. In: *Soil compaction in crop production* (Ed. Soane, B.D.- Van Ouwerkerk. C.) Elsev. Sci., 215-235.
31. BULLOCK, P. – NEWMAN C.D. – THOMASSON, A.J. 1985. Porosity aspects of the regeneration of soil structure after compaction. *Soil. Tillage Res.* 5. 325-342. Cit.. in Rátonyi, 1999.
32. BUZÁS, I. 1993. Talaj és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 1. INDA 4231 Kiadó. Budapest.
33. CAMPBELL, D.J. 1994. Determination and use of soil bulk density in relation to soil compaction. In: *Soil compaction in crop production* (Ed. Soane, B.D.- Van Ouwerkerk, C.) Elsevier Sci., 113-139.
34. CANARACHE, A. 1991. Factors and indices regarding excessive compactness of agricultural soils. *Soil Till. Res.* 19. 145-164.

35. CANARACHE, A.- COLIBAS, I. – COLOBAS, M.- HOROBEANU, I. – PETRU, V. – SIMOTA, H. – TRANDAFIRESCU, T. 1984. Effect of induced compaction by wheel traffic on soil physical properties and yield of maize in Romania. Soil and Tillage Research. 4. 199-213. Cit.. in RÁTONYI, 1999.
36. CANNELL, R.Q. 1985. Reduced tillage in North-West Europe – A review. Soil Till. Res. 5. 129-177. Cit.. in Birkás, 1998.
37. CASSEL, D.K. – RACZOWSKI, C.W. – DENTON, H.P. 1995. Tillage effects on corn production and soil physical conditions. Soil Sci. Soc. Am. J. 59. 1436-1443.
38. CHEN, Y.-Tessier, S. 1997. Techniques to diagnose plow and disk pans. Can. Agr. Eng., 39. 2. 143-147.
39. COLUMELLA, L.J.M. A mezeti gazdaságról. (ford.n. Fábián J.) Trattner Ny. Pest, 1819. cit .. in Birkás. 2000.
40. COOPER, A. W. 1971. Effects of tillage on soil compaction. In: Compaction of agricultural soils. Szerk: Barnes, K.K., Carleton, W.M., Taylor, H.M., Thockmorton, R.I., Vanden Berg. G.E., ASAE, 315-367.
41. CORNEY, D-COLEMAN, J.D. 1954. Soil structure in relation to soil suction (pF). J. Soil Sci. 5. 75-84. Cit.. in Rátonyi, 1999.
42. CULSHAW, D. 1988. rubber tracks for traction. Journals of terramechanics. No. 1. pp. 69-80. Cit .. in Jóri J. I. 1998.
43. DARÓCZI, S. - LELKES, J. 1999. A szervési PENETRONIK talajvizsgáló nyomószonda alkalmazása. Gyakorlati Agrofórum. Különszám a talajművelésről. 10. 7. 16-18.
44. DI GLÉRIA J. – KLIMES – SZMIK A. – DVORACSEK M. 1957. Talajfizika és talajkolloidika. Akadémiai kiadó, Budapest
45. DOUGLAS, J. T. – JARVIS, M. G. – HOWSE, K. R. – GROSS, M. J. 1986. Structure of silty soil in relation to management. Journal of Soil Sci. 37. 137-151.
46. DVORACSEK, M. 1968. Penetrométer a talaj mechanikai ellenállásának szabadföldi méréséhez. Agrokémia és Talajtan. 17. 3. 319-324.
47. EITZINGER, J. 1991. Einflüsse Unterschiedlicher Primärbodenbearbeitungs-systeme auf ausgewählte bodenphysikalische Eigensshalften, Dissertation Univ. F. Bodenkultur Wien. Cit .. In Gyuricza et al., 1998.
48. ERBACH D. – MELVIN – CRUSE R. 1988. Effects of tractor tracks during secondary tillage on corn production. ASAE Meeting. Paper No. 88. 1614. Chicago. Cit .. in Jóri J. I. 1998.

49. ERBACH, D. C. 1994. Benefits of Tracked Vehicles in Crop Production. Chapter 21. of Soil Compaction in Crop Production. (Soane, B. D. - Ouwerkerk, C. I.) Elsevier Science, B. V. Cit .. in Jóri J. I. 1998.
50. FENYVES, T. 1996. A fenntartható gazdálkodás néhány agronómiai feltétele, különös tekintettel a művelés hatására, a gyomosságra és a trágyázásra. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő.
51. FM 1994. Talajvédelem Magyarországon. NORG-CSO-Kft, Budapest Fővárosi NTÁ alapján. Máyer Ny. Budapest.
52. FREITAG, D.R. 1971, Methods of measuring soil compaction. In: Compaction of agricultural soils. Edt.: Barnes, K.K. Carleton, W.M.-, Taylor, H.M., Throckmorton, R.I., Vanden Berg, G.E. ASAE monograph, 47-103.
53. FROELICH, H.A. et al., 1985. Soil bulk density recovery on compacted skid trails in central Idaho. Soil Sci., Soc. Am. J. 1015-1017. Cit .. Birkás. 2000.
54. GAMEDA, S. et al., 1994. Response of grain corn to subsoiling and chemical wetting of a compacted clay subsoil. Soil Till. Res., 29. 179-187.
55. GAMEDA, S. – RAGHAVAN, E. – McKYES, E. – THERIAULT, R. 1987. Subsoil compaction in clay soil. I. Cumulative effects. Soil and Tillage Research 10. 113-122. Cit .. in Rátonyi. 1999.
56. GERARD, C.J. – SEXTON, P. SHAW, G. 1982. Physical factors influencing soil strength and root growth. Agronomy J. 74. 875-879.
57. GRIMES, D. W.-MILLER, R. J.-WILEY. P. L. 1975. Cotton and corn root development in two field of different strength characteristics. Agronomy J. 67. 519-523.
58. GUÉRIEF, J. 1994. Effects of compaction on soil strength parameters. In: Soil compaction in crop production (Ed. Soane, B.D. – Van Ouwerkerk, C.) Elsevier Sci., 191-214.
59. GYÖRFFY, B. 1999. A talajművelésről. Gyakorlati Agroforum 10. 7. 2-3.
60. GYURICZA, Cs. –SIPOS, V. 1996. A káros talajtömörödés megszüntetésének lehetőségei - A környezetkímélő talajhasználat. Diplomamunka. GATE KTI. Gödöllő.
61. GYURICZA, Cs. - SIPOS, V.K. 1996. A tömör talajállapot talajszerkezetre, növényre gyakorolt hatásainak vizsgálata talajművelési modell-kísérletben. Talajvédelem. 5-8.

62. GYURICZA, Cs. – FARKAS, Cs. - BARÁTH Cs-né – BIRKÁS, M. - MURÁNYI, A. 1998/a. A penetrációs ellenállás vizsgálata talajművelési tartamkísérletben gödöllői barna erdőtalajon. *Növénytermelés*. 47.2. 199-212.
63. GYURICZA, CS. – BARÁTH, CS.- né – BIRKÁS, M. , CS. 1998/b: Polinomális regresszió alkalmazása a talajellenállás statisztikai értékelésében. *Növénytermelés*. 47.3. 301-312.
64. GYURICZA, CS. 2000. Az értékörző és hagyományos talajművelés egyes fizikai és biológiai hatásainak értékelése. Doktori (PhD) értekezés. Gödöllő. p. 148.
65. HAKANSSON, I. 1988. A method for characterizing the state of compactness of an arable soil. *Catena Suppl.* 11., 101-105.
66. HAKANSSON, I. - PETELKAU, H. 1994. Benefits os limited axle load. In: *Soil compaction on crop production*. Elsevier Sci., 479-499.
67. HAKANSSON, L. - VOORHEES, W.B. 1997. Soil compaction. In: *Methods for assessment of soil degradation* (Ed. Lal, R.-Blum, W.H.-Valentine, C.-Stewart, B.A.) CRC Press. New York. 167-179.
68. HAMMEL, J. E. 1994. Effect of high-axle load traffic on subsoil physical properties and crop yields in the Pacific Northwest USA. *Soil Till. Res.*, 29. 195-203.
69. HEDBERG, D. 1976. Changes the volume of soil by repeated freezing and thawing. Cit. Hakansson, I. et al., 1988.
70. HILL, R.L. - CURSE, R.H. 1985. Tiillage effects on bulk density and soil strength of two Mollisols. *Soil. Sci. Soc. Am.* 49. 1271-1273.
71. HORN, R. - LEBERT, M. 1994. Soil compactibility and compressibility. *Soil Compaction in crop production*. Elsevier Sci., 45-69.
72. Id. MANNINGER, G.A. 1952. Hozzászólás „A nagy termések elméleti alapjai és agrotechnikai kérdései” c. ankéton. MTA 1952. máj. 28. MTA Agrártud. Oszt. Közl. 1952. 1.4. 444-450. Cit.. in Birkás 2000.
73. JOLÁNKAI, M. - BIRKÁS, M. - SZALAI, T. 1997. Soil tillage influenced by the physical state of soil. *Acta Agr. Hung.*, 45. (2) 155-161.
74. JÓRI, J. I. 1992. Mezőgazdasági erő és munkagépek okozta káros talajtömörítő hatások csökkentésére alkalmas módszerek és eszközök kialakítása és vizsgálata. FMMI jelentés I.- II. kötet, Gödöllő.
75. JÓRI, J. I. 1998. Talajkímélő járószerkezetek a mezőgazdaságban. Oktatási segédanyag. Budapest. K. 10-11 60-65.

76. JÓRI, J. I. –SOÓS, S. 1990. Káros talajtömörítés megszüntetése változtatható fogásszélességű középmélylazítóval. Jarművek, Mezőgazdasági Gépek. 37. 7. 261-264.
77. JÓRI, J. I. 1990. Középmélylazítók műszaki, munkaminőségi és energetikai összefüggései. Kandidátusi értekezés. Gödöllő.
78. KAPOCSI, I. - ANDRÁSI, I. 1998. A talajművelő eszközök energetikai értékelése. Magyar Mezőgazdaság. 42. 36. 8-9.
79. KAZÓ, B. 1996. A talajok hasznosítható vízkészletének csökkenése vályog és agyagos vályog talajok esetében 33 év talajművelésének tükrében. Agrokémia és Talajtan. 44. 3-4. 387-295.
80. KEMENESY, E. 1953. Hozzászólás A mélyszántás kérdései c. anketon. MTA 1952. Nov.14. MTA Agrártud. Oszt. Közl. II. 2. 140-147. Cit.. in Birkás 2000.
81. KEMENESY, E. 1956. Talajerőgazdálkodás. Akadémiai Kiadó Budapest.
82. KEMPER, W.D. - STEWARD, B.A. - PORTER, L.K. 1971 Effects of compaction on soil nutrient status. In: Compaction of agricultural soils. Szerk: Barnes, K.K., carleton, W.M.-Taylor, H.M., Thockmorton, R.I., Vanden Berg, G.E., ASAE monograph, 178-189.
83. KIRBY, J.M. - BLUNDEN, B.G. - TREIN, C.R. 1997. Simulating soil deformation using a critical-stata model: II. Soil compaction beneath tires and tracks. European J. of Soil Sci. 48. 59-70.
84. KISS ZS. – SZÖLLŐSI I. 1999. New Measuring System And Method Of Agricultural Tires On Soil Physics: III. International Multidisciplinary Conference, North University Of Baia Mare. Baia Mare, Romania, 118.
85. KITUR, B.K. - OLSON, K.R. - SIEMENS, J.C. - PHILLIPS, S.R. 1993. Tillage effects on selected physical properties of grantburg silt loam. Commun. Soil Sci. Anal. 24. 13-14. 1519-1527.
86. KLADIVKO, E.J. - MACKAY, A.D. - BRADFORD, J.M. 1986. Earthworms as a factor in the reduction of soil crusting. Soil Sci. Soc. Am. J. 50. 191-196.
87. KOCSIS, I. - DARÓCZI, S. - CZINKÓCZKY, M. - NAGY, J. 1992. Nedvességmérős penetrométer gyepen. In: Természetes állattartás. 2. Tudományos és termelési tanácskozás. (Szerk: Vinczeffy I.) Debrecen, 75-84.
88. KOOLEN, A. J.-KUIPERS, H. 1983. Agricultural soil mechanics. Springer-Verlag. Berlin. 356.

89. KOOLEN, A.J. 1994. Mechanics of soil compaction. In: soil compaction in crop production. (Ed. Soane, B.D.-Van Ouwerkerk, C.). Elsevier Sci. 23-44.
90. KUIPERS, H. - VAN DE ZANDE, J.C. 1994. Quantifications of traffic systems in crop production. In: soil compaction in crop production. (Ed. Soane, B.D.- Van Ouwerkerk, C.I, Elsevier Sci. 417-445.
91. KUND, E. 1934. Az eke. Köztelek, 44. 1-2. 9. Cit.. in Birkás 2000.
92. LAMMEL, K. 1963. Eke és szántás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
93. LAZÁNYI, J. 1994. A homokjavító vetésforgókkal végzett kísérletek eredményei. Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Önkormányzati Hivatal Nyomdaüzeme. Nyíregyháza.
94. LIPIEC, J.-SIMOTA, C. 1994. Role of soil climate in influencing crop responses to soil compaction in Central and Eastern Europe. In: Soil compaction in crop production. Szerk: Soane, S.D. és van Ouwerkerk, C., Elsevier Science, Amsterdam, 365-385.
95. MADAS, A. 1985. Ésszerű környezetgazdálkodás a mezőgazdaságban. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest.
96. id. MANNINGER, G. A. 1952. Hozzászólás „A nagy termések elméleti alapjai és agrotechnikai kérdései” c. ankéton. TMA 1952. máj. 28. MTA Agrártud. Oszt. Közl. 1.4.444-450 Cit .. in Birkás. 2000.
97. MEEK, B. D. – RECHEL, E. R. – CARTER, L. M. – DeTAR, W. R. 1992. Bulk density of a sandy loam: traffic, tillage, and irrigation-method effects. Soil Sci. Soc. Am. J. 56. 562-565.
98. NAGY, J. 1997. Effects of tillage, fertilization, plant density, and irrigation on maize yield. In: Soil, plant and environment relationships (Ed. Nagy, J.), DATE, Debrecen, 33-44.
99. NAGY, J. - RÁTONYI, T. 1997. Interrations of soil cultivation systems and fertilization. In: Land use and soil manegement (Ed Filep, Gy.) Agr. Univ. Debrecen, 194-207.
100. NYIRI, L. 1993. A talaj szerkezete és befolyásolásának lehetőségei. In: Földműveléstan (szerk. Nyíri L.) Mezőgazda Kiadó. Budapest. 66-69.
101. NYIRI, L. 1997. A rendszeresen művelt réteg alatt tömörödött, levegőtlen, rossz vízáteresztő talajok mélylazítása. In: Az aszálykárok mérséklése (szerk. Nyíri L.) Mezőgazda Kiadó. Budapest. 74-81.

102. OLDEMAN, L.R. - HAKELING, R.T.A., - SOMBROEK, W.G. 1990. World Map of the status of human-induced soil degradation. (GLASOD). ISRIC-UNEP. Wageningen. 27.
103. ORDÓDY, L. 1896. A kombinált gőzeke szántás Fowlwr-féle gőzekével. Gazd. Lapok. 48.51. 769. Cit.. in Birkás 2000.
104. OUWERKERK, C. van - SOANE, B.D. 1993. Environmental consequences of soil compaction. ISTRO Workshop on „The effect of soil compaction on physical, chemical and biological factors in the environment”, Melitopol Inst. Agric. Mech., Melitopol, Ukraine. Vol. 2. 95-102.
105. OUWERKERK, C. van – SOANE, B.D. 1994. Soil Compaction problems in world Agriculture. In. Soil compaction in crop production (Eds. SOANE, B.D. OUWERKERK, C. van) Elsevier Sci B.V. Amsterdam, 1-21.
106. PÁTER, K. 1953. Bevezető előadás A talaj mélyművelése c. ankéton. MTA, 1952. nov. 14. MTA Agrártudományok Oszt. Közl. II. 2. 109-133. Cit.. in Birkás 2000.
107. PHILLIPS, R.E. - KIRKHAM, D. 1962, Soil compaction in the field and corn growth. Agronomy J. 54. 29-34.
108. PIDEON, J. D. – SOANE, B. D. 1977. Effects of tillage and direct drilling on soil properties during the growing season in a long-term barley mono-culture system. J. Agric. Sci. 88. 432-442.
109. PRASZNA, V. – KÖNCZÖL, P. 1998. A talajhasználat és a talajállapot összefüggései. Diplomamunka, GATE MTK, Gödöllő.
110. RADCLIFFE, D. E. – MANOR, G. – CLARK, R. L. – WEST, L. T. – LANGDALE, G. W. – BRUCE, R. R. 1989. Effect of traffic and in-row chiselling on mechanical impedance. Soil Sci. Soc. Am. J. 53. 1197-1201.
111. RÁTONYI, T. 1999. A talaj fizikai állapotának penetrométeres vizsgálata talajművelési tartam kísérletben. Doktori (Ph.D) Értekezés. Debrecen.
112. RENGGER, M. 1970. Cit. Canarache 1991.
113. RÉNIUS, K.T.- SHÖNE, W. – REITER, H. 1988 Traktoren 1987-88- ATZ. Stuttgart. 5.p. 221-227.
114. RILEY, H. 1994. The effect of traffic at high axle load on crop yields on a loam soil in Norway. Soil Till. Res., 29. 211-214.

115. ROHANI, B. – BALADI, G. Y. 1981. Correlation of mobility cone index with fundamental engineering properties of soil. In Proc. 7th Int. Conf. Int. Soc. Terrain-Vehiche Systems. Vol. 3. Calgary. 959-990.
116. SANCHEZ, H. A. 1990. Comparison of soil physical properties developed by four tillage systems on chalmers silty clay loam soil. Ph.D. dolgozat, Purdue University West Lafayette, Indiana. 106. Cit .. in Rátonyi. 1999.
117. SCHMIDT, R.-SZAKÁL, P.-KEREKES, G.-BENE, L. 1998. A talajok tömörödöttségének vizsgálata művelőutas cukorrépa-termesztési technológia alkalmazása esetén. Cukorrépa, 16. 1. 8-14.
118. SINÓROS-SZABÓ, B. - KAZÓ, B. 1984. Az Alföldi talajok művelés energia igényének csökkentési lehetőségei. MTA Földrajztudományi Kutató Intézet Alföldi Osztálya. Békéscsaba. 23-30.
119. SINÓROS-SZABÓ, B. 1992. Talajfizikai és művelésenergetikai kölcsönhatások. Akadémiai doktori értekezés, Nyíregyháza.
120. SINÓROS-SZABÓ, B. 1996. Talajtömörödöttség termőhelyi vizsgálata. Környezet- és tájgazdálkodási füzetek. II/1. 41-46.
121. SINÓROS-SZABÓ, B. – SZÖLLŐSI, I. 1999. A 3T SYSTEM alkalmazása és gyakorlati jelentősége. Gyakorlati Agrofórum, Különszám a talajművelésről, 10. 7. 15-16.
122. SIPOS, G. 1972. Földműveléstan (5. átdolg. kiadás), Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
123. SITKEI, Gy. 1967. A mezőgazdasági gépek talajmechanikai problémái. Akadémiai Kiadó, Budapest.
124. SITKEI, Gy. 2002. A talajok fizikai mechanikai tulajdonságai. In. Terepen mozgó járművek. (Szerk. Laib L.) Szaktudás Kiadó. Budapest. 84-119.
125. SOANE, B.D. – VAN OUWERKERK, C. 1994. Soil compaction in world agriculture. In Soil compaction in crop production. Szerk: Soane, S.D. és van Ouwerkerk, C. Elsevier Science, Amsterdam, 1-20.
126. SOANE, B.D. – VAN OUWERKERK, C. 1998. Soil compaction: A global threat to sustainable land use. Advances in GeoEcology, 31. 517-525.
127. SÖHNE, W.H. 1953. Druckverteilung un Boden und Bodenverformung unter Schlepperreifen. Grund. Landtechnik 3/5. 49-63.

128. STEFANOVITS, P. 1975. Talajpusztulás, talajszennyezés. In: A környezetvédelem biológiai alapjai. (szerk. Kovács K.) Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 167-196.
129. STEFANOVITS, P. 1990. Talajtan. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 324-331.
130. STEFANOVITS, P. 1992. Talajtan. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
131. STIRZAKER, R.J. et al., 1996. Soil structure and plant growth: Impact of bulk density and biopores. Plant and soil, 185. 151-156.
132. SVÁB, J. 1973. Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
133. SZABÓ, I. M. 1986. A mikroorganizmusok aktivitásának szabályozása. A talajművelési eljárások, trágyázás és növénytermesztési rendszerek célszerű kombinációjával In: Szabó I.M. Az általános talajtan biológiai alapjai. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 325-335.
134. SZABOLCS, I. - VÁRALLYAY, Gy. 1978. A talajok termékenységét gátló tényezők Magyarországon. Agrokémia és Talajtan. 27. 1-2. 181-202.
135. SZALAI, T. 1999. A talajművelési és növénytermesztési rendszerek néhány agronómiai összefüggése a fenntartható földhasználat kialakításához. Doktori (PhD) értekezés, Gödöllő. p. 122.
136. SZÖLLŐSI, I. – KISS, ZS. – KOVÁCS, Z. 2002. Különböző talajjavító vetésforgók hatása a talajtömörödöttségre. Nemzetközi Agrárökonómiai Napok. Gyöngyös. márc. 26-27. Kiadvány. 3. kötet. 345-351.
137. TAYLOR, H.M. 1987. Soil structure and plant performance. Trans. XIII. Congr. Hamburg, Vol.V. 301-309. Cit .. in Várallyay. 1996.
138. TAYLOR, J. H. – BURT, E. C. – BAILEY, A. C. 1979. Tire options and Consequences for four-wheel drive tractors. SAE Paper. No. 790526. Peoria. Cit .. in Jóri J. I. 1998.
139. UNEP/FAO 1983. Guidelines for the control of soil degradation. UNEP/FAO, Rome. Cit.. in Várallyay, 1996.
140. VÁRADI, J. – KOMÁNDI, GY. 1980. TRAKTOROK. Mezőgazdasági könyvkiadó. Budapest. 20-21.
141. VÁRALLYAY, Gy. et al., 1979. A gF-görbék matematikai leírása. Agrokémia és Talajtan. 28. 15-38.
142. VÁRALLYAY, Gy. - LESZTÁK, M. 1989. Susceptibility of soils to physical degradation in Hungary. Soil Technology. 3. 289-298.

143. VÁRALLYAY, GY. - HAAS, J. – TÓTH, M. 1989. Környezetpolitika In. „A Föld” akadémiai Kiadó, Budapest, 23-37.
144. VÁRALLYAY, Gy. 1996. Magyarország talajainak érzékenysége a szerkezetromlásra és tömörödéssre. Környezet és Tájgazdálkodási Füzetek. '96/1. Pszicholingva Kiadó. Szada. 15-30.
145. VOORHEES, W. B. – SENST, C. G. – NELSON, W. W. 1978. Compaction and soil structure modification by wheel traffic in the northern corn belt. Soil Sci. Soc. Am. J. 42. 344-349.
146. WARKENTIN, B. P. 1971. Effects of compaction on content and transmission of water in soils. In: Compaction of agricultural soils. Szerk: Barnes, K. K. – Carleton, W. M. – Taylor, H. M. – Throckmorton, R. I. – Vanden Berg, G. E. ASAE monograph. 126. 153.
147. WEAVER, H. A. – JAMISON, V. C. 1951. Effects of moisture on tractor tire compaction of soil. Soil Sci. 71. 15-23. Cit .. in Rátonyi. 1999.

M E L L É K L E T

1. sz. melléklet

Mérőhelyek közötti összehasonlítás szignifikancia eredmény táblázata talajellenállás tekintetében a „nyíltzíni mérőrendszerben” elhelyezett homok fizikai féleségű talaj esetén

0-5	SzD _{5%} = 0,43					5-10	SzD _{5%} = 0,30					10-15	SzD _{5%} = 0,21					15-20	SzD _{5%} = 0,21				
[cm]	E1	E2	E3	E4	E5	[cm]	E1	E2	E3	E4	E5	[cm]	E1	E2	E3	E4	E5	[cm]	E1	E2	E3	E4	E5
E2	0,30					E2	0,15					E2	0,01					E2	0,01				
E3	0,23	0,07				E3	0,12	0,03				E3	0,01	0,01				E3	0,10	0,11			
E4	0,25	0,05	0,02			E4	0,01	0,17	0,13			E4	0,09	0,08	0,09			E4	0,18	0,19	0,08		
E5	0,01	0,31	0,24	0,26		E5	0,13	0,28	0,25	0,11		E5	0,19	0,18	0,19	0,10		E5	0,13	0,13	0,03	0,05	
E6	0,15	0,15	0,07	0,09	0,17	E6	0,05	0,11	0,07	0,06	0,17	E6	0,01	0,00	0,01	0,08	0,18	E6	0,14	0,15	0,04	0,04	0,01
20-25	SzD _{5%} = 0,21					25-30	SzD _{5%} = 0,27					30-35	SzD _{5%} = 0,27					35-40	SzD _{5%} = 0,31				
[cm]	E1	E2	E3	E4	E5	[cm]	E1	E2	E3	E4	E5	[cm]	E1	E2	E3	E4	E5	[cm]	E1	E2	E3	E4	E5
E2	0,02					E2	0,11					E2	0,02					E2	0,07				
E3	0,03	0,01				E3	0,19	0,08				E3	0,09	0,07				E3	0,05	0,01			
E4	0,21	0,19	0,18			E4	0,25	0,14	0,06			E4	0,19	0,17	0,10			E4	0,31	0,25	0,26		
E5	0,15	0,13	0,13	0,05		E5	0,26	0,15	0,07	0,01		E5	0,27	0,25	0,18	0,08		E5	0,30	0,23	0,25	0,01	
E6	0,11	0,09	0,09	0,09	0,04	E6	0,23	0,12	0,04	0,02	0,03	E6	0,27	0,25	0,18	0,08	0,00	E6	0,27	0,20	0,21	0,05	0,03
40-45	SzD _{5%} = 0,32					45-50	SzD _{5%} = 0,31					50-55	SzD _{5%} = 0,32					55-60	SzD _{5%} = 0,29				
[cm]	E1	E2	E3	E4	E5	[cm]	E1	E2	E3	E4	E5	[cm]	E1	E2	E3	E4	E5	[cm]	E1	E2	E3	E4	E5
E2	0,13					E2	0,08					E2	0,06					E2	0,04				
E3	0,04	0,09				E3	0,07	0,01				E3	0,03	0,09				E3	0,06	0,10			
E4	0,30	0,17	0,26			E4	0,29	0,21	0,21			E4	0,25	0,31	0,21			E4	0,23	0,27	0,17		
E5	0,27	0,14	0,23	0,03		E5	0,29	0,21	0,21	0,00		E5	0,25	0,31	0,21	0,00		E5	0,24	0,28	0,18	0,01	
E6	0,27	0,13	0,23	0,03	0,01	E6	0,30	0,22	0,23	0,01	0,01	E6	0,22	0,28	0,19	0,03	0,03	E6	0,23	0,27	0,17	0,01	0,01

szignifikáns értékek

E1 – I. mérőhely; E2 – II. mérőhely; E3 – III. mérőhely; E4 – IV. mérőhely, E5 – V. mérőhely;

E6 – VI. mérőhely

2. sz. melléklet

Mérőhelyek közötti összehasonlítás szignifikancia eredmény táblázata talajnedvesség tekintetében a „nyíltzíni mérőrendszerben” elhelyezett homok fizikai féleségű talaj esetén

0-5	SzD _{5%} = 28,80					5-10	SzD _{5%} = 0,40					10-15	SzD _{5%} = 0,16					15-20	SzD _{5%} = 0,32				
[cm]	N1	N2	N3	N4	N5	[cm]	N1	N2	N3	N4	N5	[cm]	N1	N2	N3	N4	N5	[cm]	N1	N2	N3	N4	N5
N2	0,40					N2	0,33					N2	0,13					N2	0,27				
N3	7,40	7,80				N3	0,33	0,00				N3	0,00	0,13				N3	0,27	0,00			
N4	9,40	9,80	2,00			N4	0,33	0,00	0,00			N4	0,00	0,13	0,00			N4	0,27	0,00	0,00		
N5	7,60	8,00	0,20	1,80		N5	0,33	0,00	0,00	0,00		N5	0,00	0,13	0,00	0,00		N5	0,27	0,00	0,00	0,00	
N6	10,60	11,00	3,20	1,20	3,00	N6	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	N6	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	N6	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00
20-25	SzD _{5%} = 0,24					25-30	SzD _{5%} = 0,08					30-35	SzD _{5%} = 0,24					35-40	SzD _{5%} = 0,80				
[cm]	N1	N2	N3	N4	N5	[cm]	N1	N2	N3	N4	N5	[cm]	N1	N2	N3	N4	N5	[cm]	N1	N2	N3	N4	N5
N2	0,20					N2	0,00					N2	0,20					N2	0,07				
N3	0,00	0,20				N3	0,07	0,07				N3	0,00	0,20				N3	0,00	0,07			
N4	0,00	0,20	0,00			N4	0,00	0,00	0,07			N4	0,00	0,20	0,00			N4	0,00	0,07	0,00		
N5	0,00	0,20	0,00	0,00		N5	0,00	0,00	0,07	0,00		N5	0,00	0,20	0,00	0,00		N5	0,00	0,07	0,00	0,00	
N6	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	N6	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	N6	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	N6	0,67	0,60	0,67	0,67	0,67
40-45	SzD _{5%} = 1,03					45-50	SzD _{5%} = 0,24					50-55	SzD _{5%} = 0,24					55-60	SzD _{5%} = 0,24				
[cm]	N1	N2	N3	N4	N5	[cm]	N1	N2	N3	N4	N5	[cm]	N1	N2	N3	N4	N5	[cm]	N1	N2	N3	N4	N5
N2	0,87					N2	0,00					N2	0,00					N2	0,00				
N3	0,20	0,67				N3	0,20	0,20				N3	0,00	0,00				N3	0,00	0,00			
N4	0,00	0,87	0,20			N4	0,00	0,00	0,20			N4	0,20	0,20	0,20			N4	0,20	0,20	0,20		
N5	0,00	0,87	0,20	0,00		N5	0,00	0,00	0,20	0,00		N5	0,00	0,00	0,00	0,20		N5	0,00	0,00	0,00	0,20	
N6	0,00	0,87	0,20	0,00	0,00	N6	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	N6	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	N6	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00

szignifikáns értékek

N1 – I. mérőhely; N2 – II. mérőhely; N3 – III. mérőhely; N4 – IV. mérőhely, N5 – V. mérőhely,

N6 – VI. mérőhely

3. sz. melléklet

Mérőhelyek közötti összehasonlítás szignifikancia eredmény táblázata talajjellenállás tekintetében a „nyíltszíni mérőrendszerben” elhelyezett vályog fizikai féleségű talaj esetén

0-5 [cm] SzD _{5%} = 0,38						5-10 [cm] SzD _{5%} = 0,35						10-15 [cm] SzD _{5%} = 0,30						15-20 [cm] SzD _{5%} = 0,29					
E1	E2	E3	E4	E5		E1	E2	E3	E4	E5		E1	E2	E3	E4	E5		E1	E2	E3	E4	E5	
E2	0,01					E2	0,03					E2	0,07					E2	0,11				
E3	0,15	0,15				E3	0,11	0,13				E3	0,00	0,07				E3	0,11	0,01			
E4	0,08	0,07	0,23			E4	0,14	0,11	0,25			E4	0,05	0,02	0,05			E4	0,04	0,07	0,07		
E5	0,17	0,16	0,31	0,09		E5	0,03	0,06	0,07	0,17		E5	0,05	0,12	0,05	0,10		E5	0,17	0,27	0,28	0,21	
E6	0,07	0,07	0,08	0,15	0,23	E6	0,01	0,02	0,11	0,13	0,04	E6	0,06	0,13	0,06	0,11	0,01	E6	0,05	0,15	0,16	0,09	0,12
20-25 [cm] SzD _{5%} = 0,23						25-30 [cm] SzD _{5%} = 0,21						30-35 [cm] SzD _{5%} = 0,20						35-40 [cm] SzD _{5%} = 0,20					
E1	E2	E3	E4	E5		E1	E2	E3	E4	E5		E1	E2	E3	E4	E5		E1	E2	E3	E4	E5	
E2	0,05					E2	0,05					E2	0,08					E2	0,11				
E3	0,04	0,09				E3	0,03	0,08				E3	0,07	0,01				E3	0,05	0,06			
E4	0,11	0,16	0,07			E4	0,10	0,15	0,07			E4	0,07	0,15	0,14			E4	0,06	0,17	0,11		
E5	0,17	0,22	0,13	0,06		E5	0,10	0,15	0,07	0,00		E5	0,07	0,15	0,14	0,00		E5	0,08	0,19	0,13	0,02	
E6	0,15	0,20	0,11	0,04	0,02	E6	0,15	0,20	0,12	0,05	0,05	E6	0,10	0,18	0,17	0,03	0,03	E6	0,08	0,19	0,13	0,02	0,00
40-45 [cm] SzD _{5%} = 0,20						45-50 [cm] SzD _{5%} = 0,19						50-55 [cm] SzD _{5%} = 0,15						55-60 [cm] SzD _{5%} = 0,15					
E1	E2	E3	E4	E5		E1	E2	E3	E4	E5		E1	E2	E3	E4	E5		E1	E2	E3	E4	E5	
E2	0,09					E2	0,07					E2	0,01					E2	0,03				
E3	0,03	0,13				E3	0,03	0,05				E3	0,07	0,07				E3	0,02	0,05			
E4	0,08	0,17	0,05			E4	0,09	0,16	0,11			E4	0,10	0,11	0,03			E4	0,07	0,09	0,05		
E5	0,10	0,19	0,07	0,02		E5	0,10	0,17	0,13	0,01		E5	0,13	0,13	0,06	0,03		E5	0,09	0,12	0,07	0,03	
E6	0,05	0,14	0,01	0,03	0,05	E6	0,03	0,11	0,06	0,05	0,07	E6	0,13	0,14	0,07	0,03	0,01	E6	0,09	0,12	0,07	0,03	0,00

szignifikáns értékek

E1 – I. mérőhely; E2 – II. mérőhely; E3 – III. mérőhely; E4 – IV. mérőhely; E5 – V. mérőhely;

E6 – VI. mérőhely

4. sz. melléklet

Mérőhelyek közötti összehasonlítás szignifikancia eredmény táblázata talajnedvesség tekintetében a „nyíltszíni mérőrendszerben” elhelyezett vályog fizikai féleségű talaj esetén

0-5 [cm] SzD _{5%} = 39,83						5-10 [cm] SzD _{5%} = 6,02						10-15 [cm] SzD _{5%} = 0,24						15-20 [cm] SzD _{5%} = 0,48					
N1	N2	N3	N4	N5		N1	N2	N3	N4	N5		N1	N2	N3	N4	N5		N1	N2	N3	N4	N5	
N2	15,47					N2	0,20					N2	0,20					N2	0,40				
N3	2,60	12,87				N3	2,47	2,27				N3	0,20	0,00				N3	0,40	0,00			
N4	5,40	20,87	8,00			N4	0,67	0,87	3,13			N4	0,20	0,00	0,00			N4	0,40	0,00	0,00		
N5	17,33	1,87	14,73	22,73		N5	0,67	0,87	3,13	0,00		N5	0,20	0,00	0,00	0,00		N5	0,40	0,00	0,00	0,00	
N6	26,27	10,80	23,67	31,67	8,93	N6	2,67	2,47	0,20	3,33	3,33	N6	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	N6	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00
20-25 [cm] SzD _{5%} = 0,40						25-30 [cm] SzD _{5%} = 0,48						30-35 [cm] SzD _{5%} = 0,57						35-40 [cm] SzD _{5%} = 0,12					
N1	N2	N3	N4	N5		N1	N2	N3	N4	N5		N1	N2	N3	N4	N5		N1	N2	N3	N4	N5	
N2	0,33					N2	0,00					N2	0,00					N2	0,00				
N3	0,00	0,33				N3	0,40	0,40				N3	0,47	0,47				N3	0,00	0,00			
N4	0,00	0,33	0,00			N4	0,00	0,00	0,40			N4	0,00	0,00	0,47			N4	0,07	0,07	0,07		
N5	0,00	0,33	0,00	0,00		N5	0,00	0,00	0,40	0,00		N5	0,00	0,00	0,47	0,00		N5	0,00	0,00	0,00	0,07	
N6	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	N6	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	N6	0,00	0,00	0,47	0,00	0,00	N6	0,07	0,07	0,07	0,00	0,07
40-45 [cm] SzD _{5%} = 0,73						45-50 [cm] SzD _{5%} = 0,40						50-55 [cm] SzD _{5%} = 0,24						55-60 [cm] SzD _{5%} = 0,08					
N1	N2	N3	N4	N5		N1	N2	N3	N4	N5		N1	N2	N3	N4	N5		N1	N2	N3	N4	N5	
N2	0,00					N2	0,00					N2	0,20					N2	0,07				
N3	0,60	0,60				N3	0,00	0,00				N3	0,00	0,20				N3	0,07	0,00			
N4	0,00	0,00	0,60			N4	0,33	0,33	0,33			N4	0,00	0,20	0,00			N4	0,07	0,00	0,00		
N5	0,00	0,00	0,60	0,00		N5	0,00	0,00	0,00	0,33		N5	0,00	0,20	0,00	0,00		N5	0,07	0,00	0,00	0,00	
N6	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	N6	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	N6	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	N6	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00

szignifikáns értékek

N1 – I. mérőhely; N2 – II. mérőhely; N3 – III. mérőhely; N4 – IV. mérőhely; N5 – V. mérőhely;

N6 – VI. mérőhely

5. sz. melléklet

Mérőhelyek közötti összehasonlítás szignifikancia eredmény táblázata talajjellenállás tekintetében a „nyíltzíni mérőrendszerben” elhelyezett agyag fizikai féleségű talaj esetén

0-5 [cm] SzD _{5%} = 0,21						5-10 [cm] SzD _{5%} = 0,26						10-15 [cm] SzD _{5%} = 0,22						15-20 [cm] SzD _{5%} = 0,17					
E1	E2	E3	E4	E5		E1	E2	E3	E4	E5		E1	E2	E3	E4	E5		E1	E2	E3	E4	E5	
E2	0,07					E2	0,02					E2	0,09					E2	0,03				
E3	0,15	0,08				E3	0,13	0,11				E3	0,00	0,09				E3	0,07	0,04			
E4	0,21	0,14	0,06			E4	0,20	0,18	0,07			E4	0,07	0,17	0,07			E4	0,07	0,03	0,01		
E5	0,16	0,09	0,01	0,05		E5	0,11	0,09	0,03	0,09		E5	0,01	0,08	0,01	0,09		E5	0,03	0,01	0,05	0,04	
E6	0,10	0,03	0,05	0,11	0,06	E6	0,05	0,07	0,19	0,25	0,16	E6	0,11	0,02	0,11	0,19	0,10	E6	0,15	0,11	0,07	0,08	0,12
20-25 [cm] SzD _{5%} = 0,22						25-30 [cm] SzD _{5%} = 0,25						30-35 [cm] SzD _{5%} = 0,22						35-40 [cm] SzD _{5%} = 0,18					
E1	E2	E3	E4	E5		E1	E2	E3	E4	E5		E1	E2	E3	E4	E5		E1	E2	E3	E4	E5	
E2	0,03					E2	0,15					E2	0,05					E2	0,04				
E3	0,01	0,04				E3	0,03	0,12				E3	0,15	0,11				E3	0,16	0,12			
E4	0,08	0,05	0,09			E4	0,15	0,01	0,11			E4	0,03	0,01	0,12			E4	0,06	0,02	0,10		
E5	0,06	0,03	0,07	0,02		E5	0,09	0,07	0,05	0,06		E5	0,06	0,01	0,09	0,03		E5	0,13	0,09	0,03	0,07	
E6	0,20	0,17	0,21	0,12	0,14	E6	0,15	0,00	0,12	0,01	0,07	E6	0,01	0,04	0,15	0,03	0,05	E6	0,00	0,04	0,16	0,06	0,13
40-45 [cm] SzD _{5%} = 0,19						45-50 [cm] SzD _{5%} = 0,15						50-55 [cm] SzD _{5%} = 0,15						55-60 [cm] SzD _{5%} = 0,10					
E1	E2	E3	E4	E5		E1	E2	E3	E4	E5		E1	E2	E3	E4	E5		E1	E2	E3	E4	E5	
E2	0,03					E2	0,02					E2	0,03					E2	0,06				
E3	0,03	0,00				E3	0,07	0,05				E3	0,06	0,03				E3	0,06	0,00			
E4	0,01	0,01	0,01			E4	0,05	0,03	0,01			E4	0,07	0,04	0,01			E4	0,01	0,07	0,07		
E5	0,03	0,06	0,06	0,05		E5	0,03	0,01	0,04	0,03		E5	0,09	0,07	0,03	0,03		E5	0,01	0,07	0,07	0,01	
E6	0,05	0,03	0,03	0,04	0,09	E6	0,04	0,06	0,11	0,09	0,07	E6	0,11	0,09	0,05	0,05	0,02	E6	0,00	0,06	0,06	0,01	0,01

szignifikáns értékek

E1 – I. mérőhely; E2 – II. mérőhely; E3 – III. mérőhely; E4 – IV. mérőhely; E5 – V. mérőhely;

E6 – VI. mérőhely

6. sz. melléklet

Mérőhelyek közötti összehasonlítás szignifikancia eredmény táblázata talajnedvesség tekintetében a „nyíltzíni mérőrendszerben” elhelyezett agyag fizikai féleségű talaj esetén

0-5 [cm] SzD _{5%} = 24,38						5-10 [cm] SzD _{5%} = 1,47						10-15 [cm] SzD _{5%} = 1,14						15-20 [cm] SzD _{5%} = 0,24					
N1	N2	N3	N4	N5		N1	N2	N3	N4	N5		N1	N2	N3	N4	N5		N1	N2	N3	N4	N5	
N2	22,60					N2	0,53					N2	0,07					N2	0,00				
N3	7,73	14,87				N3	0,80	1,33				N3	0,87	0,93				N3	0,20	0,20			
N4	22,67	0,07	14,93			N4	0,20	0,33	1,00			N4	0,07	0,00	0,93			N4	0,00	0,00	0,20		
N5	1,87	20,73	5,87	20,80		N5	0,33	0,20	1,13	0,13		N5	0,07	0,00	0,93	0,00		N5	0,00	0,00	0,20	0,00	
N6	22,73	0,13	15,00	0,07	20,87	N6	0,60	1,13	0,20	0,80	0,93	N6	0,07	0,00	0,93	0,00	0,00	N6	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00
20-25 [cm] SzD _{5%} = 0,73						25-30 [cm] SzD _{5%} = 0,10						30-35 [cm] SzD _{5%} = 0,32						35-40 [cm] SzD _{5%} = 0,08					
N1	N2	N3	N4	N5		N1	N2	N3	N4	N5		N1	N2	N3	N4	N5		N1	N2	N3	N4	N5	
N2	0,00					N2	0,00					N2	0,00					N2	0,00				
N3	0,00	0,00				N3	0,07	0,07				N3	0,00	0,00				N3	0,07	0,07			
N4	0,60	0,60	0,60			N4	0,00	0,00	0,07			N4	0,27	0,27	0,27			N4	0,00	0,00	0,07		
N5	0,00	0,00	0,00	0,60		N5	0,07	0,07	0,00	0,07		N5	0,00	0,00	0,00	0,27		N5	0,00	0,00	0,07	0,00	
N6	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00	N6	0,00	0,07	0,00	0,07		N6	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	N6	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00
40-45 [cm] SzD _{5%} = 0,81						45-50 [cm] SzD _{5%} = 0,73						50-55 [cm] SzD _{5%} = 1,13						55-60 [cm] SzD _{5%} = 1,49					
N1	N2	N3	N4	N5		N1	N2	N3	N4	N5		N1	N2	N3	N4	N5		N1	N2	N3	N4	N5	
N2	0,67					N2	0,60					N2	0,13					N2	0,60				
N3	0,00	0,67				N3	0,00	0,60				N3	0,40	0,53				N3	1,33	0,73			
N4	0,00	0,67	0,00			N4	0,00	0,60	0,00			N4	0,33	0,20	0,73			N4	1,27	0,67	0,07		
N5	0,00	0,67	0,00	0,00		N5	0,00	0,60	0,00	0,00		N5	0,20	0,33	0,20	0,53		N5	1,07	0,47	0,27	0,20	
N6	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00	N6	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	N6	0,33	0,20	0,73	0,00	0,53	N6	1,27	0,67	0,07	0,00	0,20

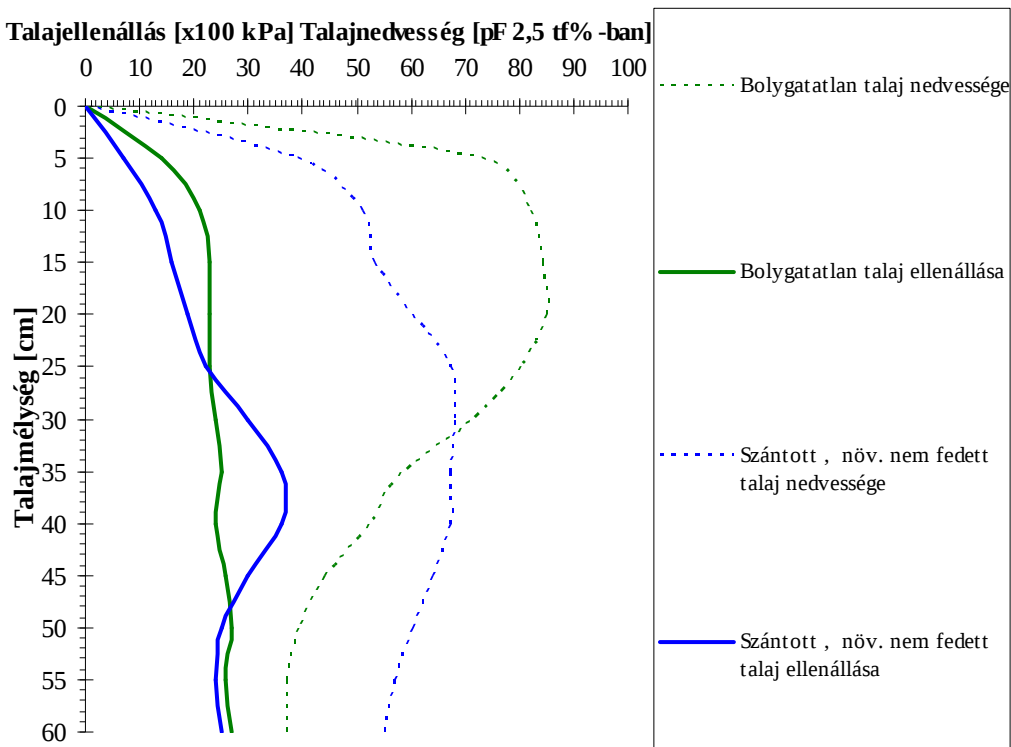
szignifikáns értékek

N1 – I. mérőhely; N2 – II. mérőhely; N3 – III. mérőhely; N4 – IV. mérőhely; N5 – V. mérőhely;

N6 – VI. mérőhely

7. sz. melléklet

Különböző művelési módú területek talajellenállása és nedvessége humuszos homoktalaj esetén a tenyésztidőszak elején (Nyítelek-Ferencványa, 2001. 04. 24.)



$p, w = f(m)$; p = talajellenállás; w = talajnedvesség; m = talajmélység

8. sz. melléklet

Talajellenállás-értékek összehasonlításának szignifikancia eredmény táblázata a tenyésztidőszak elején humuszos homoktalaj esetén

0-5	SzD5%= 27,79	5-10	SzD5%= 26,73	10-15	SzD5%= 24,91	15-20	SzD5%= 15,62
[cm]	N1	[cm]	N1	[cm]	N1	[cm]	N1
N2	33,60	N2	31,13	N2	30,53	N2	25,07
20-25	SzD5%= 19,05	25-30	SzD5%= 10,91	30-35	SzD5%= 4,67	35-40	SzD5%= 5,69
[cm]	N1	[cm]	N1	[cm]	N1	[cm]	N1
N2	13,27	N2	3,53	N2	9,80	N2	14,33
40-45	SzD5%= 2,59	45-50	SzD5%= 3,05	50-55	SzD5%= 2,44	55-60	SzD5%= 3,54
[cm]	N1	[cm]	N1	[cm]	N1	[cm]	N1
N2	19,80	N2	20,93	N2	19,87	N2	17,60

szignifikáns értékek

E1 – Nem művelt terület; E2 – Művelt növényvel nem fedett terület

9. sz. melléklet

Talajnedvesség-értékek összehasonlításának szignifikancia eredmény táblázata a tenyészidőszak elején humuszos homoktalaj esetén

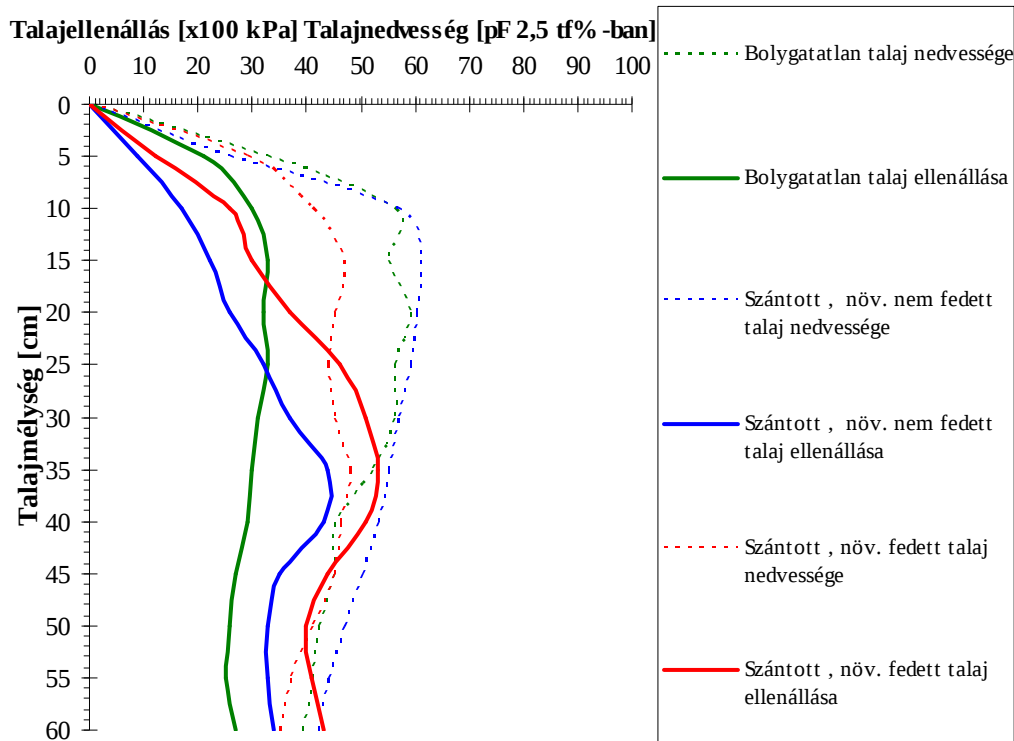
0-5	SzD5%= 0,29	5-10	SzD5%= 0,09	10-15	SzD5%= 0,33	15-20	SzD5%= 0,27
[cm]	E1	[cm]	E1	[cm]	E1	[cm]	E1
E2	0,67	E2	0,77	E2	0,66	E2	0,42
20-25	SzD5%= 0,40	25-30	SzD5%= 0,69	30-35	SzD5%= 0,77	35-40	SzD5%= 0,13
[cm]	E1	[cm]	E1	[cm]	E1	[cm]	E1
E2	0,07	E2	0,61	E2	1,11	E2	1,17
40-45	SzD5%= 0,44	45-50	SzD5%= 0,13	50-55	SzD5%= 0,12	55-60	SzD5%= 0,26
[cm]	E1	[cm]	E1	[cm]	E1	[cm]	E1
E2	0,47	E2	0,12	E2	0,15	E2	0,19

szignifikáns értékek

N1 – Nem művelt terület; N2 – Művelt növényvel nem fedett terület

10. sz. melléklet

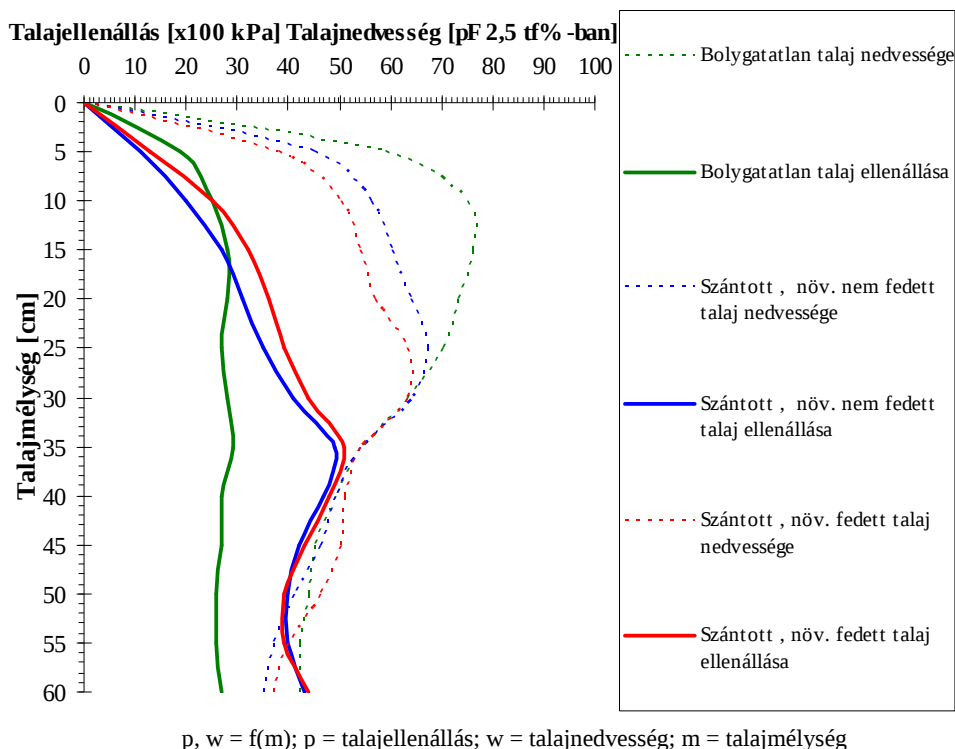
Különböző művelési módú területek talajellenállása és nedvessége humuszos homoktalaj esetén a tenyészidőszak közepén (Nyítelek-Ferenc tanya, 2001. 07. 26.)



$p, w = f(m)$; p = talajellenállás; w = talajnedvesség; m = talajmélység

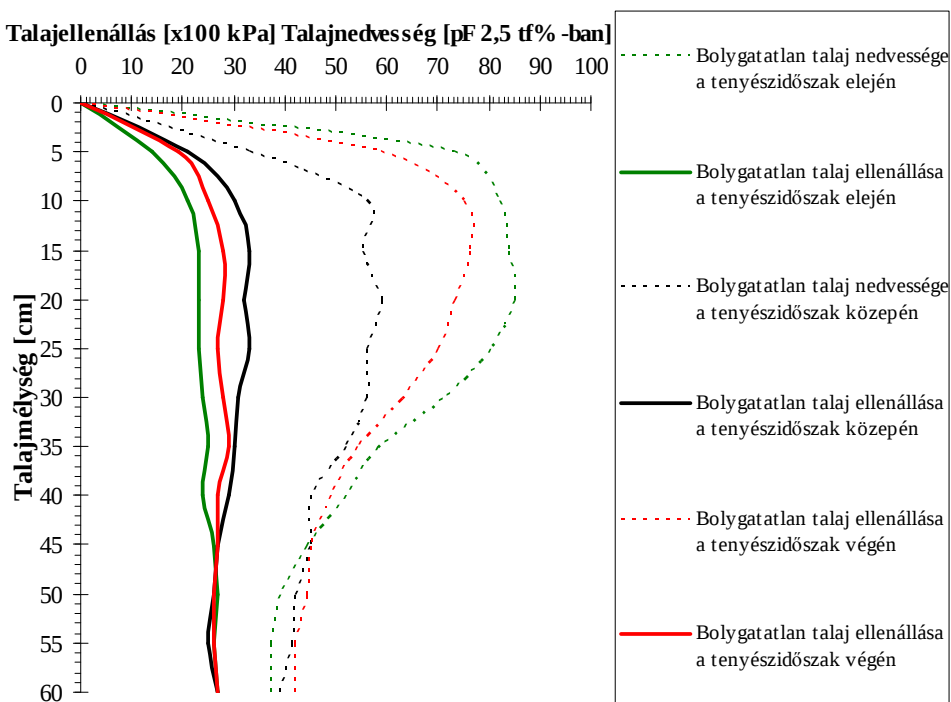
11. sz. melléklet

Különböző művelési módú területek talajellenállása és nedvessége humuszos homoktalaj esetén a tenyészidőszak végén (Nyítelek-Ferenctanya, 2001. 09. 06.)



12. sz. melléklet

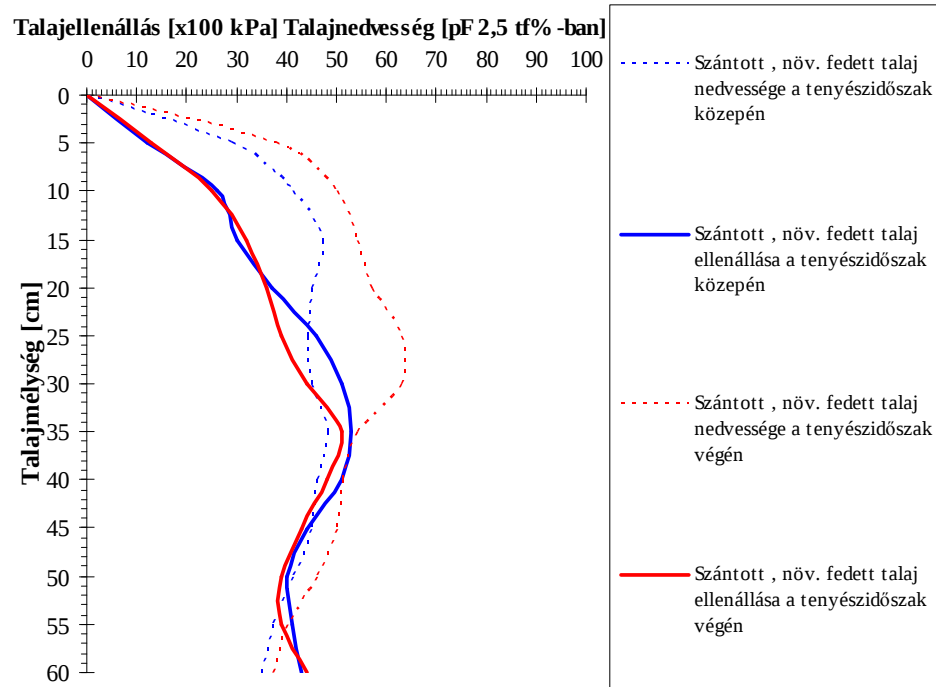
Nem művelt terület talajellenállásának és nedvességének változása a tenyészidőszak alatt humuszos homoktalaj esetén (Nyítelek-Ferenctanya, 2001. 04. 24. – 09. 26.)



$p, w = f(m)$; p = talajellenállás; w = talajnedvesség; m = talajmélység

13. sz. melléklet

Szántott, növényel fedett terület talajellenállásának és nedvességének változása a tenyészidőszak alatt humuszos homoktalaj esetén (Nyítelek-Ferenctanya, 2001. 04. 24. – 09.

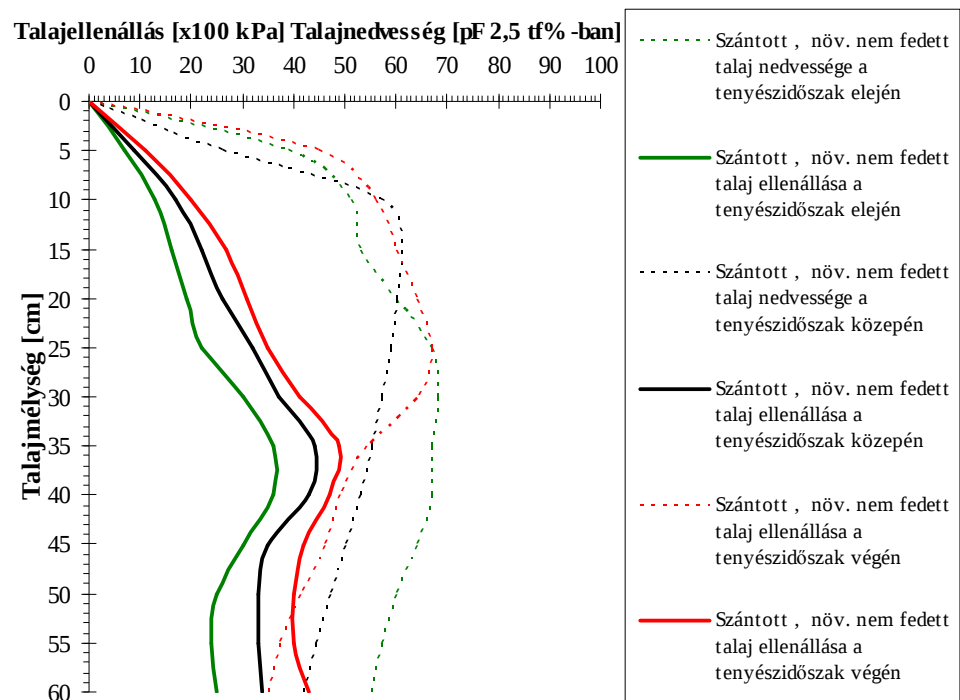


26.)

$p, w = f(m)$; p = talajellenállás; w = talajnedvesség; m = talajmélység

14. sz. melléklet

Szántott növényel nem fedett terület talajellenállásának és nedvességének változása a tenyészidőszak alatt humuszos homoktalaj esetén (Nyítelek-Ferenctanya, 2001. 04. 24. – 09.

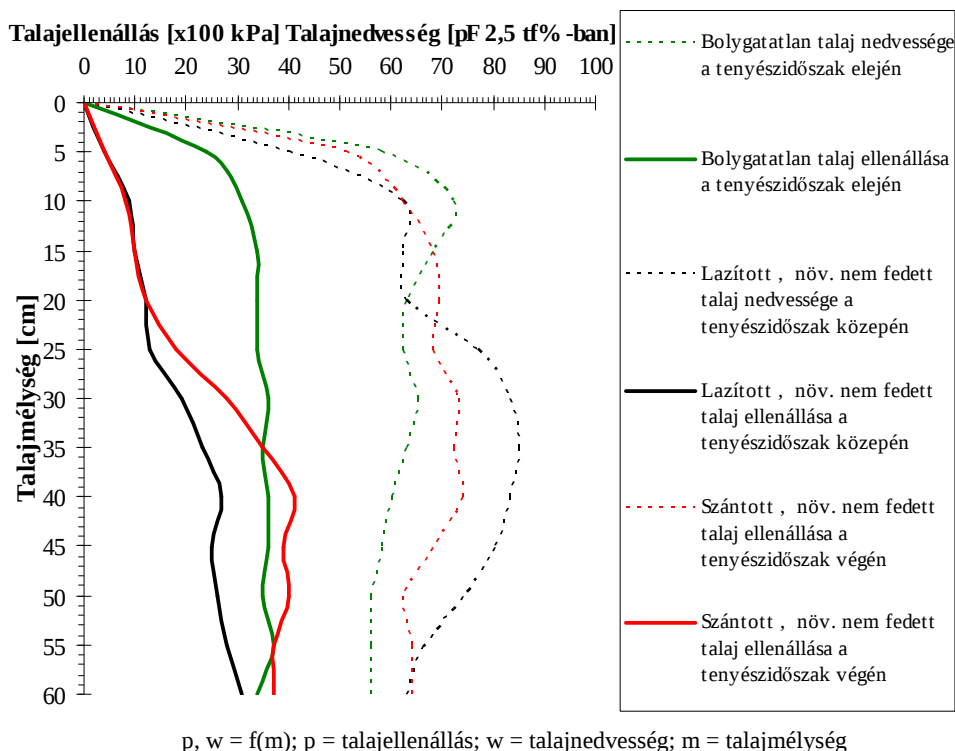


26.)

$p, w = f(m)$; p = talajellenállás; w = talajnedvesség; m = talajmélység

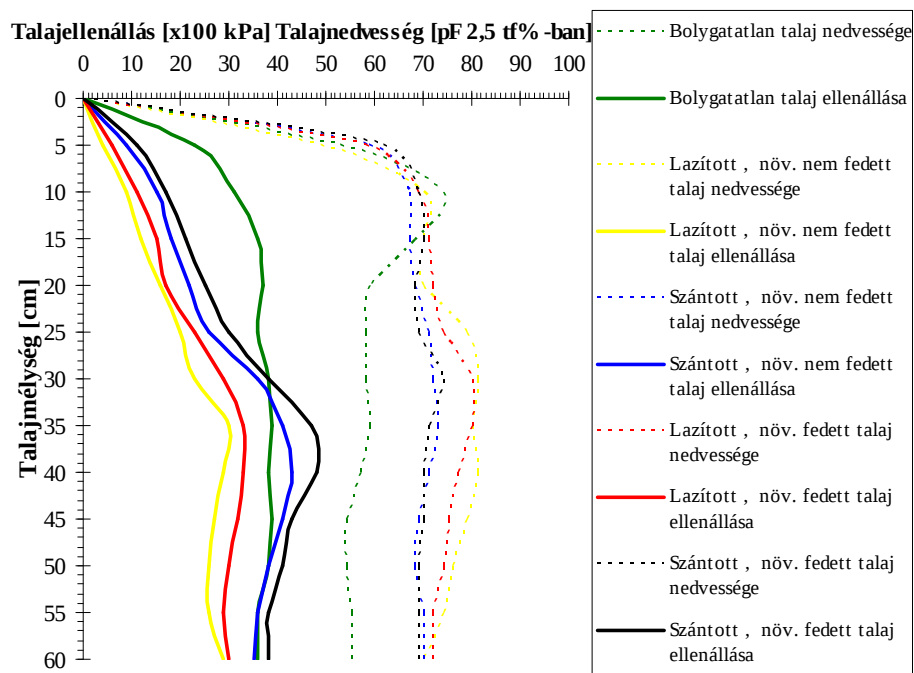
15. sz. melléklet

Különbözően művelt réti csernozjom talaj ellenállása és nedvessége a tenyésztidőszak elején
(Megyaszó-Újvilágtanya, 2001. 04. 29.)



16. sz. melléklet

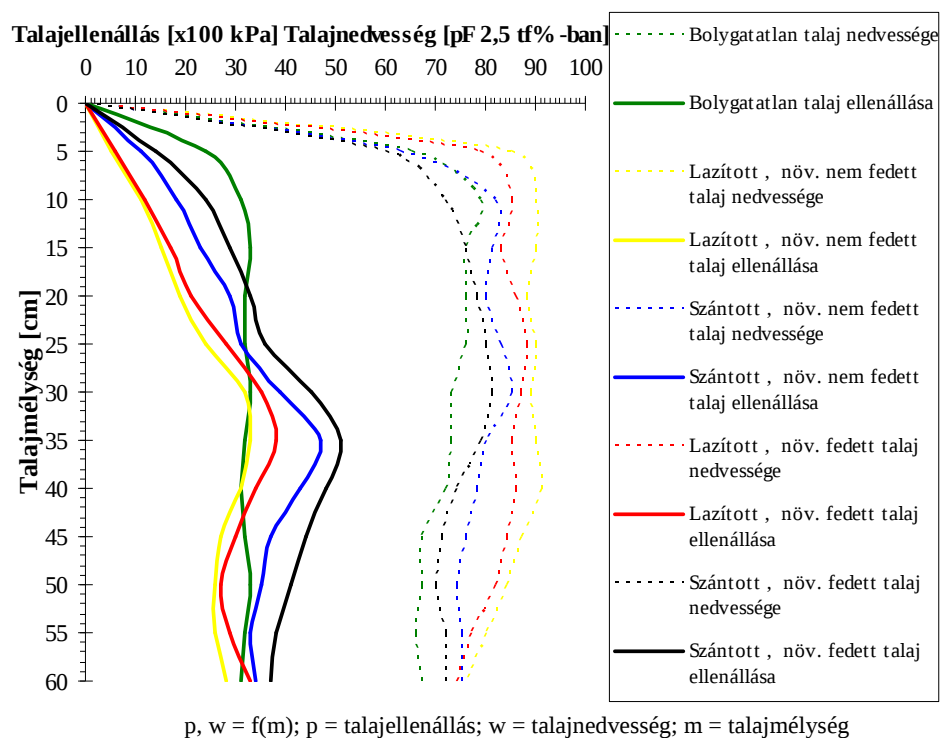
Különbözően művelt réti csernozjom talaj ellenállása és nedvessége a tenyésztidőszak közepén
(Megyaszó-Újvilágtanya, 2001. 07. 03.)



$p, w = f(m)$; p = talajellenállás; w = talajnedvesség; m = talajmélység

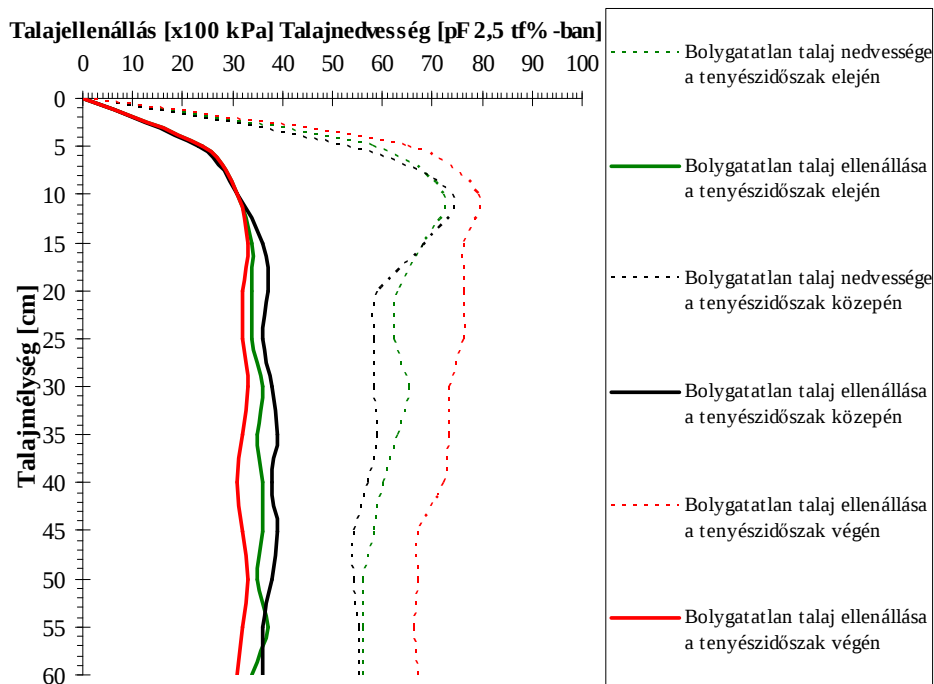
17. sz. melléklet

Különbözően művelt réti csernozjom talaj ellenállása és nedvessége a tenyészidőszak végén
(Megyaszó-Újvilágtanya, 2001. 09. 07.)



18. sz. melléklet

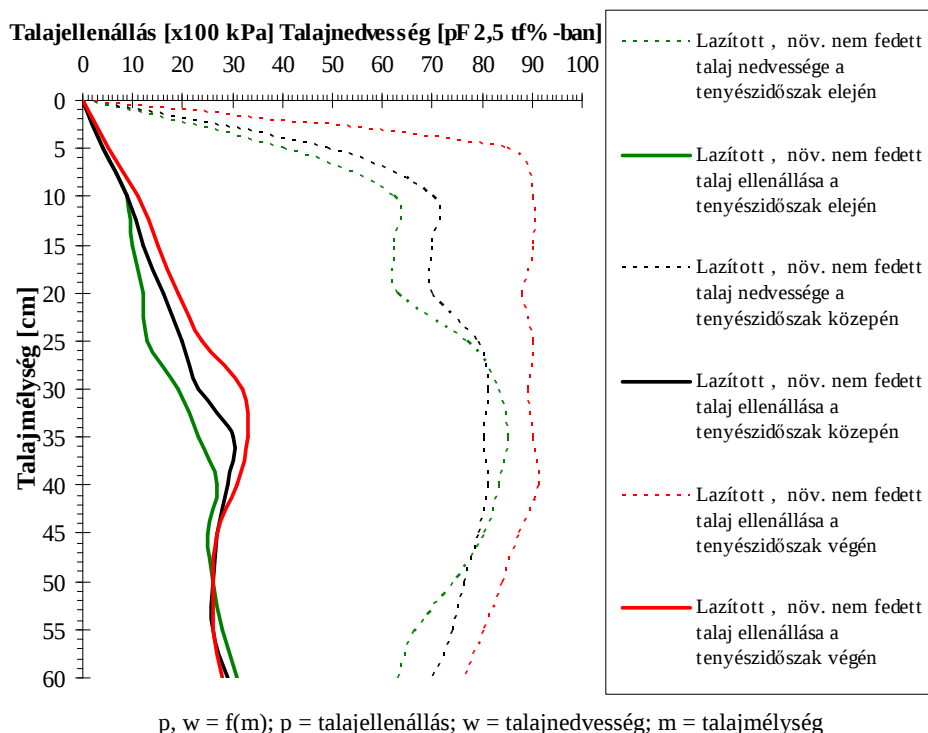
Nem művelt réti csernozjom talaj ellenállásának és nedvességének változása a tenyészidőszak alatt (Megyaszó-Újvilágtanya, 2001. 04. 29. – 09. 07.)



$p, w = f(m)$; p = talajellenállás; w = talajnedvesség; m = talajmélység

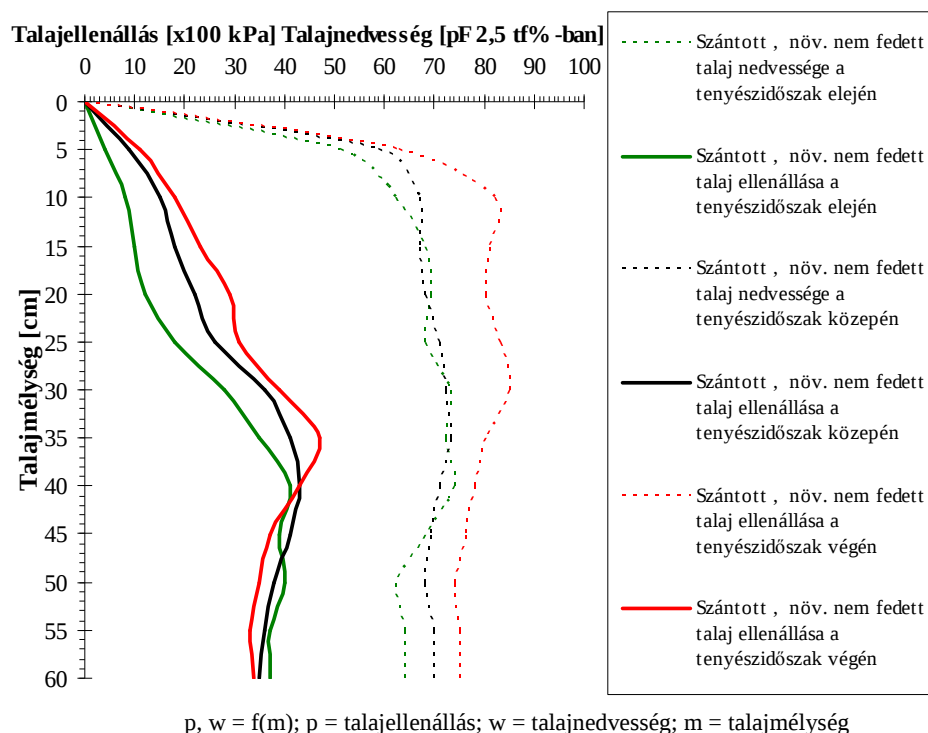
19. sz. melléklet

Lazított növényvel nem fedett réti csernozjom talaj ellenállásának és nedvességének változása a tenyészedőszak alatt (Megyaszó-Újvilágtanya, 2001. 04. 29. – 09. 07.)



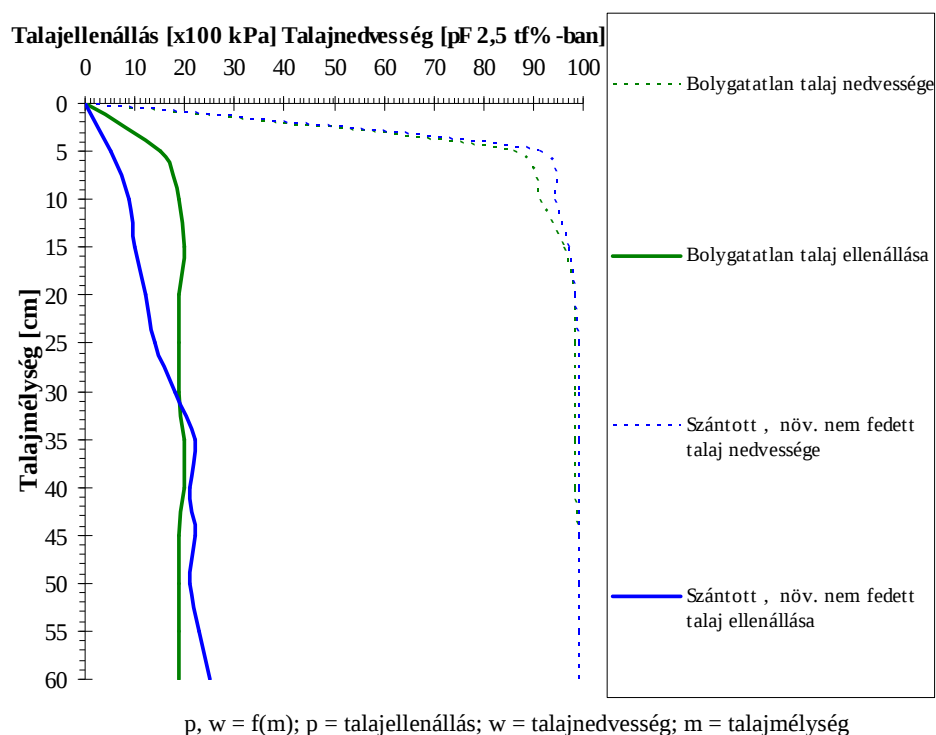
20. sz. melléklet

Szántott növényvel nem fedett réti csernozjom talaj ellenállásának és nedvességének változása a tenyészedőszak alatt (Megyaszó-Újvilágtanya, 2001. 04. 29. – 09. 07.)



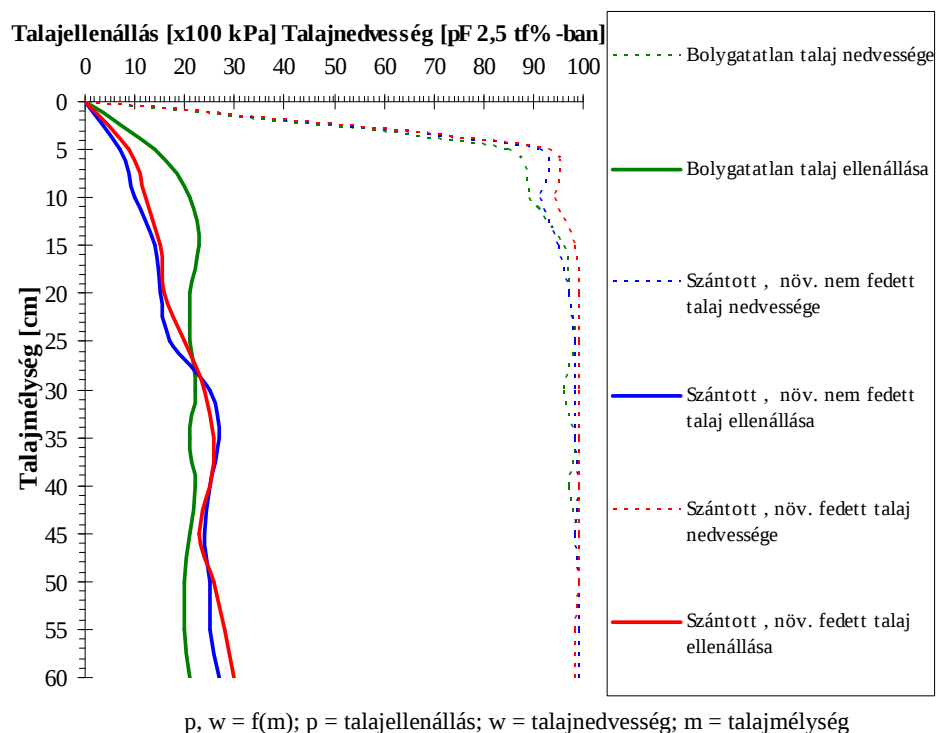
21. sz. melléklet

Különbözően művelt réti agyagtalaj ellenállása és nedvessége tenyészidőszak elején
(Taktaharkány-Rónahát düllő, 2001. 04. 29.)



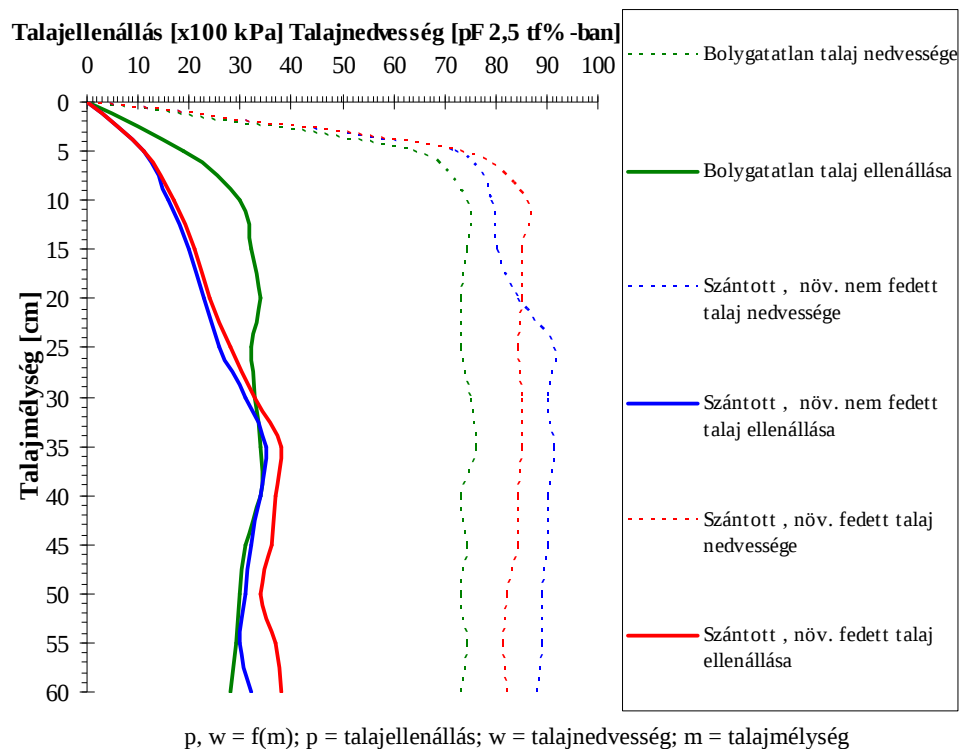
22. sz. melléklet

Különbözően művelt réti agyagtalaj ellenállása és nedvessége tenyészidőszak közepén
(Taktaharkány-Rónahát düllő, 2001. 07. 03.)



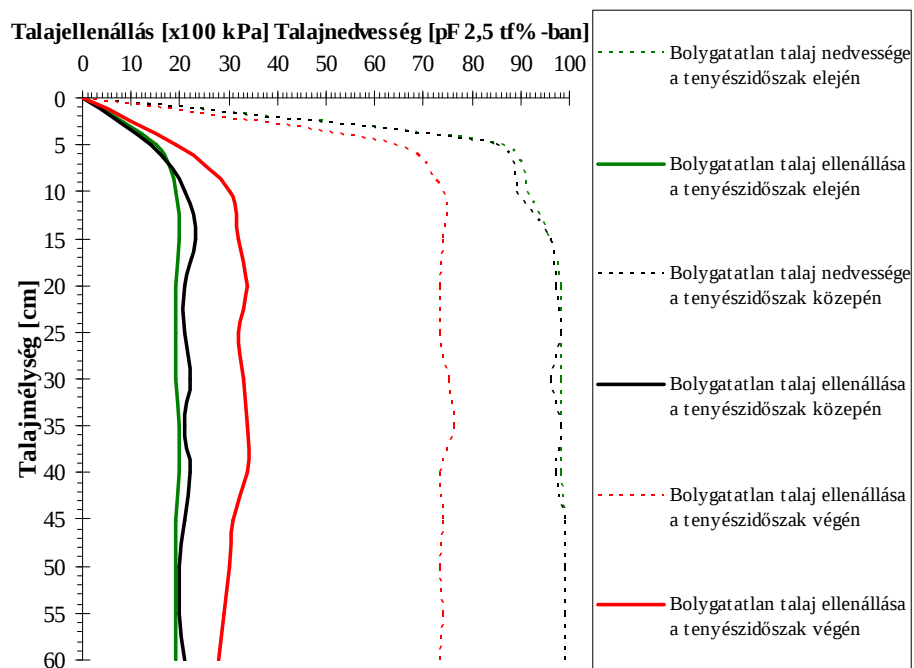
23. sz. melléklet

Különbözően művelt réti agyagtalaj ellenállása és nedvessége tenyészidőszak végén
(Taktaharkány-Rónahát dűllő, 2001. 09. 07.)



24. sz. melléklet

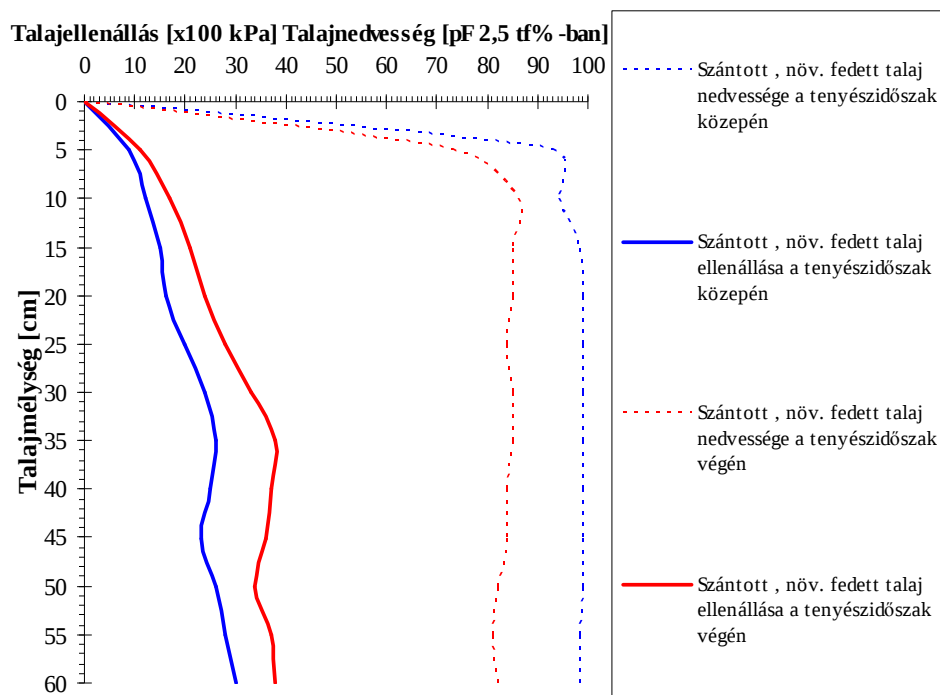
Nem művelt réti agyagtalaj ellenállásának és nedvességének változása a tenyészidőszak alatt
(Taktaharkány-Rónahát dűllő, 2001. 04. 29. – 09. 07.)



$p, w = f(m)$; p = talajellenállás; w = talajnedvesség; m = talajmélység

25. sz. melléklet

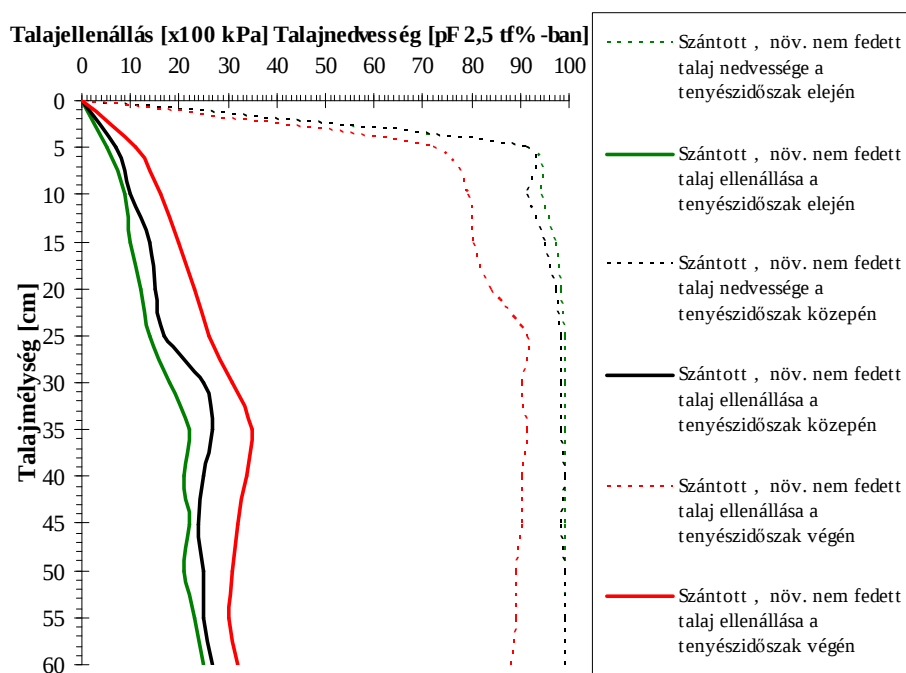
Szántott növényvel fedett réti agyagtalaj ellenállásának és nedvességének változása a tenyészidőszak alatt (Taktaharkány-Rónahát düllő, 2001. 04. 29. – 09. 07.)



$p, w = f(m)$; p = talajellenállás; w = talajnedvesség; m = talajmélység

26. sz. melléklet

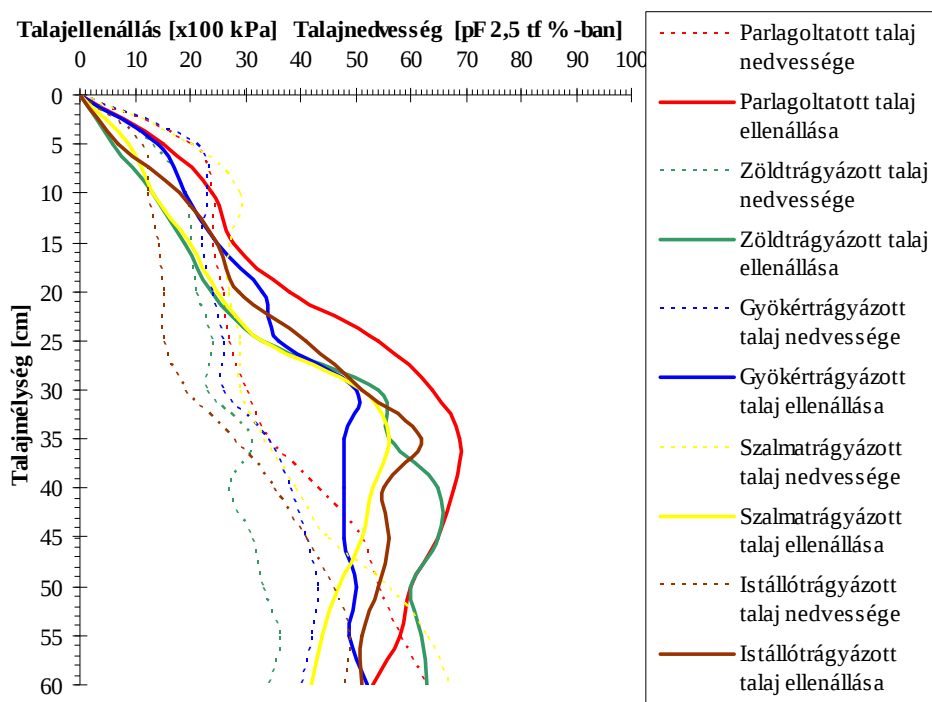
Szántott növényvel nem fedett réti agyagtalaj ellenállásának és nedvességének változása a tenyészidőszak alatt (Taktaharkány-Rónahát düllő, 2001. 04. 29. – 09. 07.)



$p, w = f(m)$; p = talajellenállás; w = talajnedvesség; m = talajmélység

27. sz. melléklet

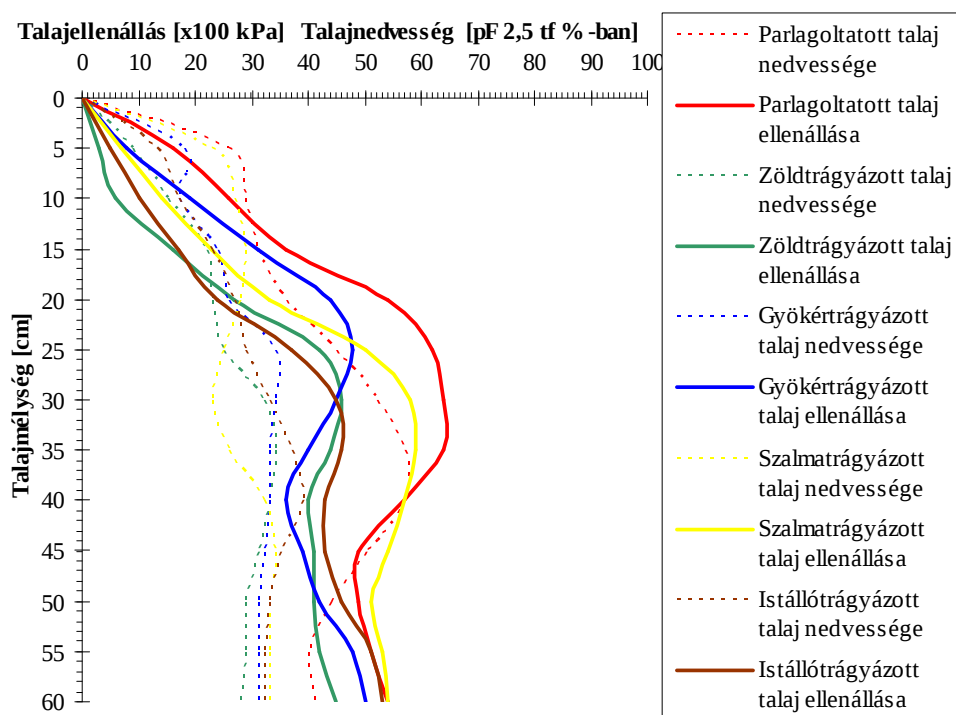
Vizsgált vetésforgók talajának ellenállása és nedvessége a domb nyugati alján (Nyíregyháza, 1998. 07. 01. – 14.)



$p, w = f(m)$; p = talajellenállás; w = talajnedvesség; m = talajmélység

28. sz. melléklet

Vizsgált vetésforgók talajának ellenállása és nedvessége a domb nyugati oldalán (Nyíregyháza,

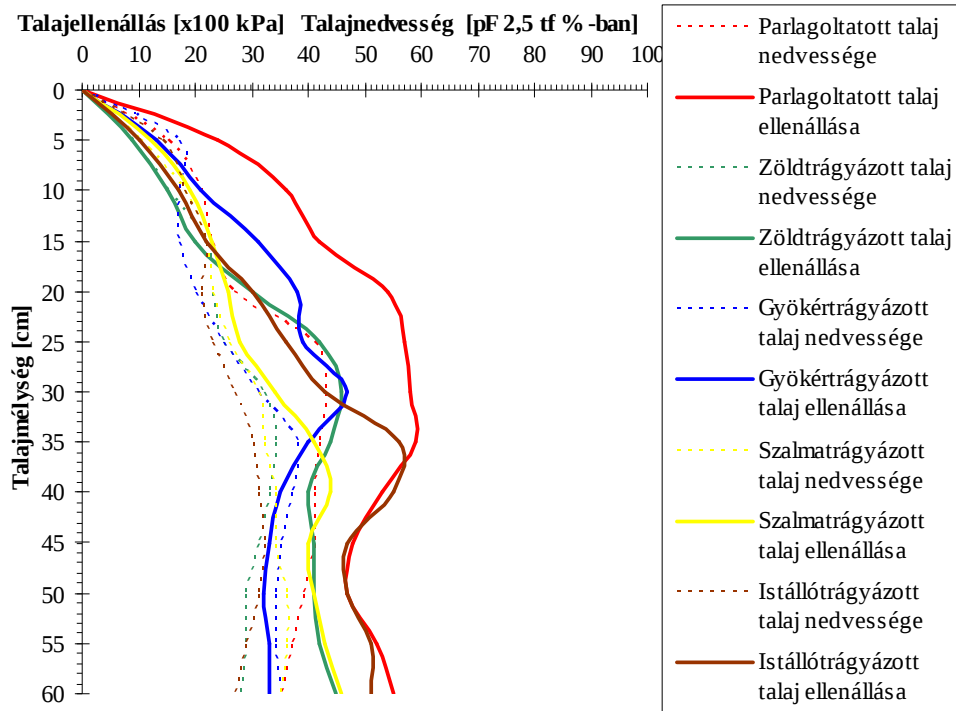


1998. 07. 01. – 14.)

$p, w = f(m)$; p = talajellenállás; w = talajnedvesség; m = talajmélység

29. sz. melléklet

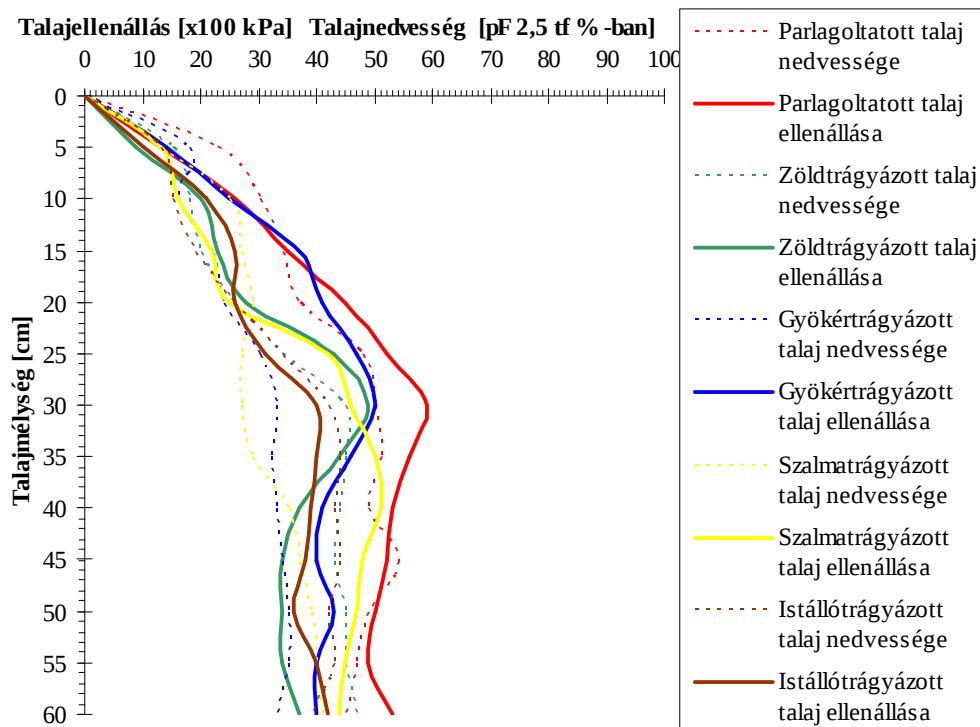
Vizsgált vetésforgók talajának ellenállása és nedvessége a domb tetején (Nyíregyháza, 1998. 07. 01. – 14.)



$p, w = f(m)$; p = talajellenállás; w = talajnedvesség; m = talajmélység

30. sz. melléklet

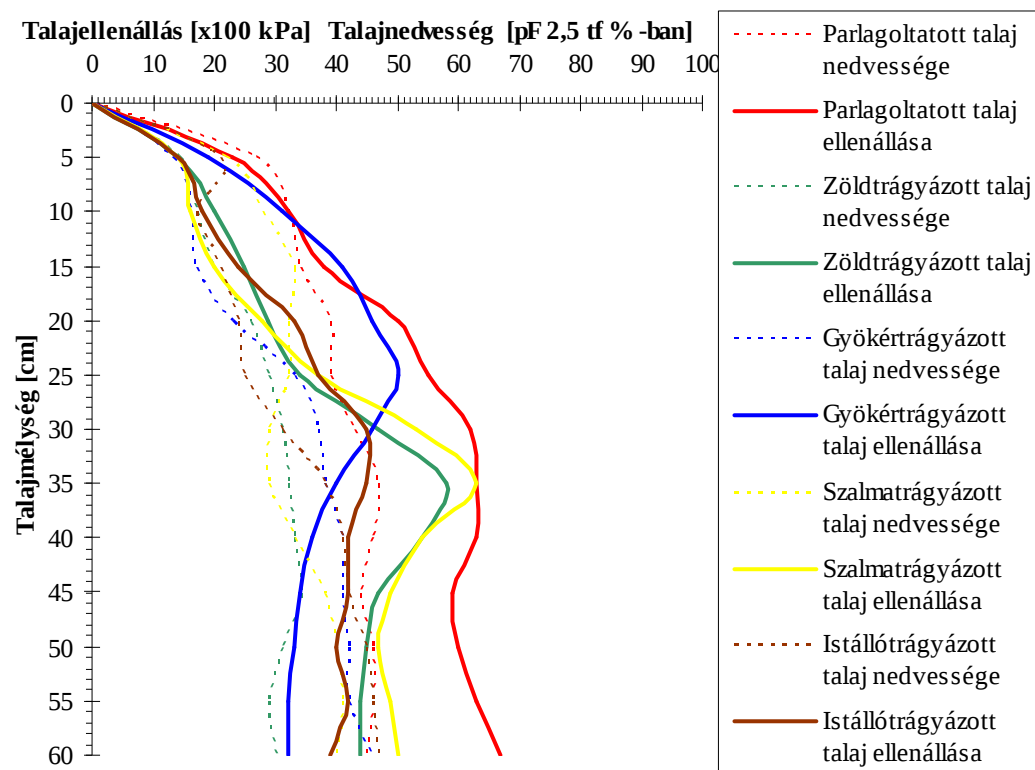
Vizsgált vetésforgók talajának ellenállása és nedvessége a domb keleti oldalán (Nyíregyháza, 1998. 07. 01. – 14.)



$p, w = f(m)$; p = talajellenállás; w = talajnedvesség; m = talajmélység

31. sz. melléklet

Vizsgált vetésforgók talajának ellenállása és nedvessége a domb keleti alján (Nyíregyháza,



1998. 07. 01. – 14.)

$p, w = f(m)$; p = talajellenállás; w = talajnedvesség; m = talajmélység