

1. KUTATÁSI MUNKA ELŐZMÉNYE, CÉLKITŰZÉSEK

A fenntartható fejlődés egyik alapeleme Magyarországon a legfontosabb természeti erőforrásunkat képező talajkészsletünk 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.

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

A **tömörödöttség** kialakulása elsősorban a talaj fizikai állapotában 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 mód-**

szer 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 céljából, 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 történjenek (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 jelentette alapját Ph.D-doktori értekezésemnek. **Célkitűzésem arra irányult,** hogy a kutató csoporton belül kifejlesztett és alkalmazott (SINÓROS-KAZÓ-SZÖLLŐSI, 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.

A fentieket szem előtt tartva 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.

2. A KUTATÁS MÓDSZERE, ELJÁRÁSA, ELVÉGZETT VIZSGÁLATOK

2.1. A talajmechanikai ellenállás és nedvesség adott térfogattömeg-értékek melletti összefüggéseinek meghatározása

A talajellenállás és nedvesség értékek közötti összefüggések megállapítására metodikus mérővizsgálatokat végeztem a „nyíltszíni mérőrendszerben”.

A „nyíltszíni mérőrendszer” egy 2x1 m keresztmetszetű, 90 m hosszú kibetonozott tér, mely a talajszelvény által átengedett vízmennyiség levezetése és mérése céljából alagsóvezéssel készült. Ennek első mérőszakaszába lett betöltve Nyírtelek-Ferenctanya mellől származó, genetikai osztályzása szerint humuszos homok, fizikai féleségét tekintve homoktalaj. Második szakaszába Megyaszó-Újvilágtanyáról való, genetikai osztályzás szerint réti csernozjom, fizikai féleségét tekintve vályogtalaj lett elhelyezve. A harmadik szakaszba Taktaharkány-Rónahát dűlőből került beszállításra, genetikai osztályzását tekintve réti agyag, fizikai félesége szerint agyagtalaj.

A termőhelyről kivett talaj a természetes talajtani állapotokkal azonos minőségben és megfelelő mélységi szerkezetben elkülönítetten lett elhelyezve. A méréseim megkezdéséig a talaj természetes ülepedése művelési és egyéb gépi beavatkozástól mentesen történt. A talaj természetes ülepedése 2 évig tartott. **Az így elhelyezett talaj rétegeiben különböző, de területileg homogén rendszer képét**

mutatta, melyet a 3T SYSTEM mérőműszerrel egy időpontban mért kontrollmérések is igazoltak.

Az adatfelvétel során a tenyészidőszakban (márciustól – októberig) egyenletes elosztásban 36 mérést végeztem egy 1 m²-es területen belül. A talajellenállás és nedvesség értékeket a 3T SYSTEM termőhelyi talajteszterrel mértem. A műszer 60 cm-es talajmélységig 1 cm-es szakaszonként méri a talajellenállást (KPa-ban) és nedvességtartalmát (szántóföldi vízkapacitás, pF 25 tf%-ban). A mért értékeket RAM tárolja és interfész segítségével számítógépbe átvihetők az adatok.

A talajellenállás - nedvesség mérés mellett meghatároztam a 0-60 cm-ig a 10 cm-enkénti talajrétegek térfogattömeg-értékeit. A talaj térfogattömegét eredeti szerkezetű (bolygatatlan) talajminták segítségével határoztam meg. A mintákat 100 cm³-es mintavevő hengerekbe vettem, rétegenként három ismétlésben. A térfogattömeget a szárítószekrényben történő szárítás után kapott száraz talaj tömegének és a henger térfogatának hányadosából számítottam.

A 10 cm-es rétegenként összetartozó ellenállás-nedvességértékek pontthalmazát koordináta rendszerben ábrázoltam és az ezekre történő függvényillesztést is elvégeztem az Excel táblázatkezelő program segítségével.

2.2. Művelési rendszerek talajtömörödöttségre gyakorolt hatásának vizsgálata

A „nyíltszíni mérőrendszerben” elhelyezett **talajok tömörödöttségi állapotát eredeti termőhelyi környezetükben vizsgáltam.**

Méréseimet a **művelt területeken** növénytakaróval fedett, illetve nem fedett míg réti csernozjom talaj esetében még szántásos, illetve szántás + lazítóval kezelt területeken is végeztem. A művelt területek mellett kiválasztottam **művelés nélküli** (természetes körülmények közötti) területeket, ahol több évtizede művelés, illetve a területen gépen történő járás nem történt.

A tenyészidőszak alatt három időpontban (elején, közepén, végén) végeztem méréseket, vizsgált területenként egy előre kijelölt 20 m²-es területen belül. Egy vizsgálati időpontban talajtípusonként 3x3, illetve 5x3 mérés (azaz egy mérőhelyen 3 ismétlés) történt. **A talaj tömörödöttségi állapotát a behatolási ellenállásértékekkel jellemeztem.**

A talajellenállás és nedvesség mérésére a 3T SYSTEM termőhelyi talajtesztert használtam. A talaj tömörödöttségi állapotának elemzése során az általam készített számítógépes programot használtam, mely a különböző talajnedvességi szinteken mért ellenállásértékeket azonos nedvességi szintek melleire számítja át. Az összehasonlítások statisztikai igazolására véletlen blokkelrendezésű egytényezős variancia analízist alkalmaztam SVÁB (1981).

2.3. A talajok tömörödöttségi állapotának vizsgálata a homokjavító vetésforgókban

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. **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**. 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 szármadarványának kedvező C/N aránya miatt lebomlása gyors, belőlük jó minőségű humusz képződik, melynek növénytápláló 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 felszeccskázva 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. **A talaj tömörödöttségi állapotát a behatolási ellenállás**

értékeivel jellemeztem. A talaj ellenállásának és nedvességének mérésére a 3T SYSTEM termőhelyi talajtesztet használtam. **Egy-egy parcellán öt-öt helyen** (nyugati dombalja, nyugati domboldal, dombtető, keleti domboldal, keleti dombalja) **mértem.** Mérőhelyenként 3-3 mérést végeztem a növények sorközében.

Az összehasonlításokban szereplő eredeti nedvességértékek átlagára átszámolt ellenállásértékkel végeztem el a vetésforgók talajtömörödöttségi állapotára gyakorolt hatásának elemzését.

A vetésforgók hatásai között jelentkező különbségeket az előzőekben 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 jellemzőknek.**

3. EREDMÉNYEK

3.1. A talajellenállás és nedvesség értékek közötti összefüggések megállapítása adott térfogattömeg-értékek mellett

Három fizikai féleségű talaj (homok, vályog, agyag) esetén vizsgáltam és meghatároztam a behatolási ellenállás és nedvesség közötti összefüggéseket. Mivel ezek kapcsolatát a talajok térfogattömeg-értékei is befolyásolják, ezért a teljes tenyészidőszakban felvett **adatbázist a 10 cm-ként mért térfogattömeg-értékeknek megfelelően külön választottam**. A szétválasztott adathalmazok segítségével **meghatároztam** az adott térfogattömeg-értékek melletti **talajellenállás-nedvesség kapcsolatát leíró függvényeket**. Az adatfeldolgozás során „nyíltszíni mérőrendszerrel” is jelentkezett a több szerző által is leírt úgynevezett talajfelszín effektus, esetemben ez az 5 cm-es talajmélység után szűnt meg. Ezért a függvényillesztéseket az 5 cm-es talajmélységet meghaladó rétegekre végeztem el.

Az Excel számítógépes program által felkínált függvényillesztések közül az általam mért nedvességtartományban a **legjobb illesztést a negatív kitevőjű hatvány függvények adták**. Az illesztett függvényeket az 1-3. táblázatokban adom meg.

1. táblázat
Homok, fizikai féleségű talaj tízcentiméterenkénti rétegeiben mért ellenállás-nedvesség értékek ponthalmazaira illesztett függvények egyenletei

Mélység (cm)	Homok				
	Térfogat-tömeg-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 t%-ban]; p (F)= regresszió szignifikanciája;

p (t)= paraméterek szignifikanciája;

2. táblázat
Vályog, fizikai féleségű talaj tízcentiméterenkénti rétegeiben mért ellenállás-nedvesség értékek ponthalmazaira illesztett függvények egyenletei

Mélység (cm)	Vályog				
	Térfogat-tömeg-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 t%-ban]; p (F)= regresszió szignifikanciája;

p (t)= paraméterek szignifikanciája;

3. táblázat

Agyag, fizikai féleségű talaj tízcentiméterenkénti rétegeiben mért ellenállás-nedvesség értékek ponthalmazaira illesztett függvények egyenletei

Mély- ség (cm)	Agyag				
	Térfogat- tömeg- 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 t%-ban]; p (F)= regresszió szignifikanciája;

p (t)= paraméterek szignifikanciája;

A függvénykapcsolatokat elemezve megállapítottam, hogy mind a három fizikai féleségű talaj esetében a nedvességtartalom csökkenésével egységnyi nedvességkülönbség egyre nagyobb ellenállás-változást eredményezett adott térfogattömeg-érték mellett. A nedvességtartalom csökkenésével egységnyi térfogattömeg-különbség egyre nagyobb ellenállás-változást hozott létre, azonban a változások mértéke lényegesen kisebb volt, mint a nedvességkülönbségek hatása. Összehasonlítva a térfogatkülönbségek hatására a kialakult ellenállás-változást a nedvességkülönbség hatásával, megállapítottam, hogy a nedvességkülönbség hatására kialakuló ellenállás-változás nagyobb volt, mint ami a térfogattömeg hatására létre jöhet.

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

3.2. Kiértékelési algoritmus a talajmechanikai ellenállás vizsgálati értékeihez

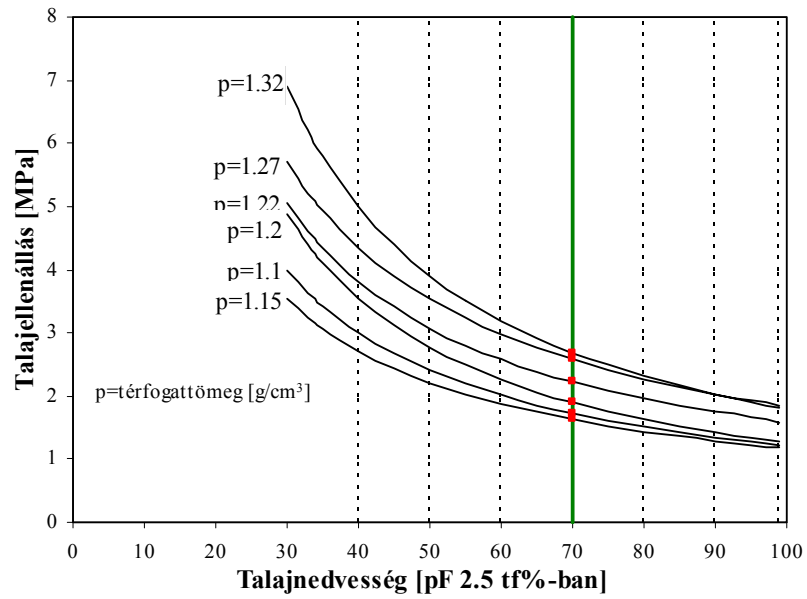
A talajellenállás és nedvesség értékek összefüggéseinek megállapítására és a különböző talajállapotok összehasonlító értékelésére **egységes módszert** dolgoztam ki amelyet egy algoritmus formájában határoztam meg. Ez az algoritmus többetként figyelembe veszi a talajellenállás, nedvesség és térfogattömeg mért értékeit valamint az általam meghatározott összefüggéseit.

A kialakított algoritmus segítségével a különböző talajnedvességi értékek mellett mért ellenállás értékeket azonos nedvességi értékek mellétranszformálok át.

A talajellenállás-értékek **átszámításának alapját** a három fizikai féleségű (homok, vályog, agyag) talajnál különböző térfogattömeg-értékek mellett **meghatározott talajnedvesség és ellenállás közötti függvénykapcsolatok** adták. A kialakításra került számítógépes program működését, felépítését és az elvégzett műveletek menetét grafikusán ábrák segítségével mutatom be. Az átszámítás menete mind három talajnál azonos módon történik, ezért ezt csak egy talaj-

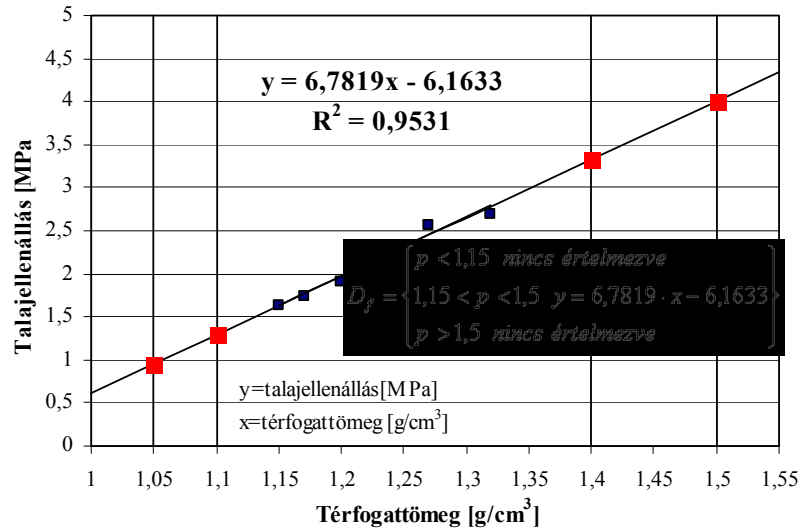
nál (vályog) vezetem végig. Mivel a „nyíltszíni mérőrendszerben” vizsgált talajok ülepedése során kialakult térfogattömeg-értékeknél nagyobb értékeket is mérhetünk a termőhelyi körülmények között, így szükségesnek láttam további térfogattömegértékekhez tartozó függvények meghatározását. Ugyanez a probléma 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 (1. ábra). Így egy nedvességérték mellett 6 metszéspontot kaptam.



1. ábra A mért térfogattömeg-értékek melletti talajellenállás-
nedvesség függvények 70%-os nedvességi értékhez tartozó metszés-
pontjai

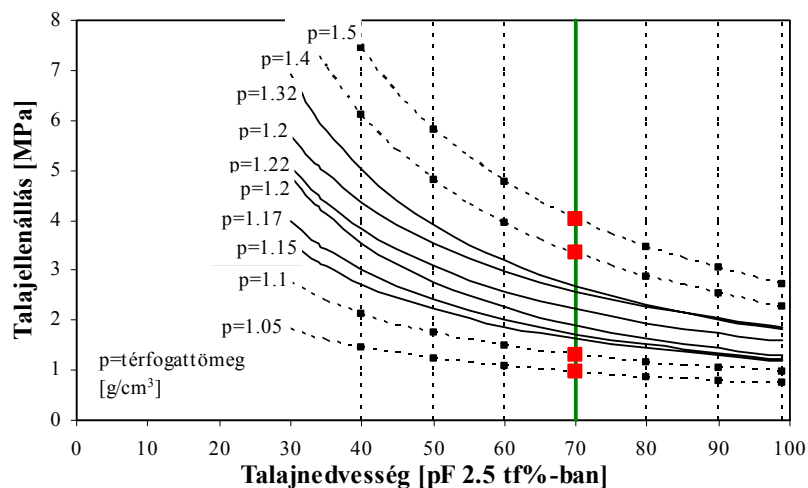
A 6 pontot a térfogattömeg és talajellenállás függvényének megfelelően koordináta-rendszerben felvettem és a pontokra függvényt illesztettem. 70 tf%-os érték mellett ezt mutatja a 2. ábra.



2. 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 (3. ábra).



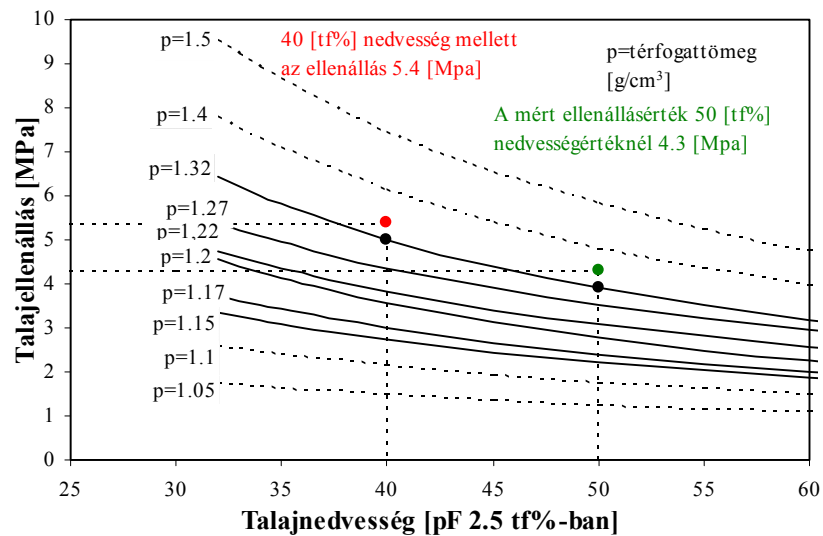
3. ábra A talajellenállás és nedvességtartalom közötti összefüggés meghatározása 1,05; 1,1; 1,4; 1,5 g/cm³ térfogattömeg-érték mellett

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 melléire történő átszámítás módját a 4. 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 me-

netét 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 megkapjuk a talajellenállás-érték növekedésének várható nagyságát, ehhez még hozzáadom az eredeti pontot jellemző függvénytől való ellenállás-értékben kifejezett távolságát és így eljutunk az új talajellenállás-értékhez.



4. ábra A különböző talajnedvességi értéknél mért talajellenállás-értékek vizsgálati trendbe történő illesztése

A kialakított számítógépes program működéséből következően a rendszerben meghatározott legnagyobb térfogattömeg-értékhez tar-

tozó 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.

3.3. Művelési rendszerek talajtömörödöttségre gyakorolt hatása

Mindhárom talajtípusnál megállapítható, a művelt területek talajának tömörödöttségi állapota a tenyészidőszak elején lényegesen kisebb a művelés mélységében, mint a bolygatatlan talajoké. A különbségek a tenyészidőszak végére csökkentek.

Méréseimmel alátámasztva meghatároztam, hogy „mindegyik vizsgált talaj esetében” a művelet és a nem művelt talajrétegek közötti

talajellenállás különbségek nagysága a tenyészidőszak végére csökkent.

Ez a művelt talajok művelés mélységében bekövetkező változásainak tudható be, mivel a bolygatatlan talajok tömörödöttségi állapota a tenyészidőszak alatt statisztikailag igazolhatóan nem változott. A talajellenállás-növekedés a réti csernozjom talajnál volt a legnagyobb (120%). A szántott talajok ellenállása a tenyészidőszak végére már 15 cm-es mélység után meghaladta a bolygatatlan talajokét. A lazított réti csernozjom talaj esetén ez 20 cm-es mélység alatt következett be.

Míg a tenyészidőszak elején a művelt rétegben a 3 MPa-kritikus határértéket egyik talajnál sem mértem, a végére a humuszos homoktalajon 15, réti csernozjom talajon 20 cm alatt ennél nagyobb értéket kaptam. Réti agyagtalajon ez a nagyobb talajnedvességnek köszönhetően nem következett be. A maximális ellenállás-értékeket a művelés mélység alatti 5-10 cm-nél mértem, amely a tenyészidőszak alatt szintén növekedett, de mértéke nem haladta meg a 30%-ot. A vizsgált talajok tömörödöttségi állapota 45-50 cm-es mélység alatt a tenyészidőszakban statisztikailag igazolhatóan nem változott. Az esetek nagy részében azonban szignifikánsan is nagyobb volt, mint a művelés nélküli területé. A fentiek alapján levonható az a következtetés, hogy a tenyészidőszak végére a 3 MPa-t is meghaladó tömörödés elsősorban a felső talajrétegek felé egyre jobban kiszélesedik. Réti csernozjom talajon a lazítás hatására az eketalpjelenség kialakulásának valószínűsége kisebb. A szántott talaj 4,8 MPa maximális talajellenállásával szemben a lazított területen csak 3,5 MPa maxi-

mális érték ért el, és a 3 MPa-nál tömörebb talajréteg is lényegesen keskenyebb volt. Mivel a talajok tömörödöttségi állapota 45-50 cm alatt a tenyészidőszakban nem változott, megállapítható, hogy a művelőeszközök hatása csak eddig a mélységig jelentkezik. Abból, hogy a 40-45 cm alatt statisztikailag is igazolhatóan nagyobb talajellenállás-értékeket kaptam a művelt talajoknál, mint a művelés nélkülinél, fontos következtetés vonható le. Az ellenállás-különbség kialakulásában az erőgép és betakarítógép járószerkezetének terhelése játszik szerepet. Hatásuk az évek során egymásra szuperponálódott és összegződött az alsó talajréteg természetes tömörödöttségi állapotával.

3.4. Homokjavító vetésforgótartam kísérletek kiértékelése a talajtömörödöttség tükrében

Méréseim alapján megállapítottam, hogy a kontrollként beállított homokjavító vetésforgó kísérletekbe a tápanyag-visszapótlás teljes hiányát jelentő parlagoltatott vetésforgó talajának tömörödöttségi állapota a teljes mélységtartományban nagyobb volt a többi vetésforgókénál.

A talajellenállás-görbék alakja alapján az összes vetésforgóban kisebb-nagyobb mértékben kimutatható volt az eketalp-betegség. Ez leginkább a parlagoltatott területen jelentkezett, a többi terület között nehéz különbséget tenni. A zöld- és gyökértrágyázott vetésforgó talajának tömörödöttségi állapota a mélyebb (40-60 cm) rétegben kisebbnek adódott, mint a szalma- és istállótrágyázott parcelláké. Ez

a csillagfürt gyökérzetének mélyebb talajrétegekben is jelentkező tömörödöttség-csökkentő hatását tükrözi. A zöldtrágyázott terület és gyökértrágyázott területek között csak a felső 25 cm-es talajrétegben volt kimutatható különbség. A felsőbb talajrétegbe lefogatott nagyobb mennyiségű szervesanyag hatására a zöldtrágyázott terület tömörödöttségi állapota ebben a rétegben kisebb volt. A zöldtrágyázás és istállótrágyázás hatása a felső 20 cm-es rétegben azonos hatással volt a talaj tömörödöttségi állapotára. A 20-30 cm között az istállótrágyázás kicsivel jobbnak bizonyult, míg e réteg alatt a csillagfürt jótékony hatása egyértelműen bizonyítható volt. A zöldtrágyázott vetésforgó a szalmatrágyázotthoz viszonyítva szinte a teljes mélységtartományban lazultabb tömörödöttségi állapotot hozott létre. A szalmatrágyázás jótékony hatása a gyökértrágyázott területtel szemben a felső 30 cm-es talajrétegben volt kimutatható, míg e réteg alatt a gyökértrágyázás hatása bizonyult jobbnak. Az istálló- és szalmatrágyázott kezelések között csak kevés esetben volt szignifikáns különbség, így a két terület tömörödöttségi állapota lényegében azonosnak tekinthető.

4. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

4.1. Módszertani eredmények

1. Három talajfizikai féleségre vonatkozóan a nyíltszíni mérőrendszer segítségével új módszert dolgoztam ki a nedvességtartalom, a talajjellenállás és térfogattömeg közötti összefüggések meghatározására. A kialakított módszerhez újszerű vizsgálati tematikát alkalmaztam, amelyet a mintegy másfél évtizede kifejlesztett (3T SYSTEM) berendezéssel mért talajjellenállás és nedvességi értékekre alapoztam.

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

4.2. 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 tömörreteg 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 járószerkezetének 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 ítéltém meg.

5. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

1. 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 talajtömörödöttségének vizsgálatára vonatkozó gyakorlati alkalmazását a dolgozatomban mutattam be.

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

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

6. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK LISTÁJA

6.1. Tudományos cikkek

1. **SZŐLLŐSI I.** - KISS ZS. P.: (1999). Művelés alatti és művelés nélküli talajok behatolási ellenállás értékeinek változása a tenyészidőszak alatt. Agrárfőisk. Szöv. Tud. Közl.1999. 20.3. szám. (Ed. Fenyvessy J.) p.118-127.
2. **СЕВЬШУ И.** – КУШШ Ж. П. – КОВАЧ З.: (2001). Сравнение традиционной обработки почвы с минимальной обработкой с точки зрения уплотненности почвы. Проблемы экономического и социального розвитку региону и практика наукового експерименту, Науковий-технічний збірник, Випуск 17. Ужгородський Державний Університет, Киев-Ужгород. p. 50-55.
3. **SZŐLLŐSI I.** - KISS ZS. P. - KOVÁCS Z. – CZIRJÁK T.: (2001). A penetrációs ellenállás változása különböző talajokon a tenyészidőszak alatt. Agrokémia és Talajtan, TOM 50. NO. 3-4. p. 185-206.
4. **SZŐLLŐSI I.** – TOLNER L. - KISS ZS. P. – KOVÁCS Z.- CZIRJÁK T.: (2002). The effect of uncultivation and green manuring on soil resistance and soil humidity. Bulletin of The Szent István University Gödöllő 2001-2002. (Ed. Füleky Gy. et al.) p.109-118.
5. **SZŐLLŐSI, I.** (2002): Különböző talajkezelések tömörítő hatásának vizsgálata a talajellenállás értékek azonos talajnedvességi szintre történő átszámításával vályog fizikai féleségű talajon. (Megjelenés alatt, Agrokémia és Talajtan)

6.2. Konferencia előadások

1. **SZŐLLŐSI, I.** (1996): Művelésenergetikai vizsgálatok különböző talajokon.
XXVI. Óvári Tudományos Napok, Mosonmagyaróvár, 1996.
szept. 29-30 VI. kötet (szerk. Neményi M.) p. 1032-1035.
2. **SZŐLLŐSI, I.** (1997): Cultivation Energetics Investigations in differente types of Soils.
II. International Multidisciplinary Conference, North University of Baia Mare, Baira Maire, Románia, 1997. nov. 28-29. (ed. Craciun I. et al.) p. 7-9.
3. **SZŐLLŐSI, I.** (1998): Művelés alatti művelés nélküli talajok tömörödöttségének vizsgálata
XXVII. Óvári Tudományos Napok, Mosonmagyaróvár, 1998.
szept. 29-30. Agrárműszaki szekció VI. kötet (szerk. Neményi M.) p. 1203-1208.
4. KISS ZS. P. - **SZŐLLŐSI I.**: (1998). Mezőgazdasági gumiabroncsok statikus és dinamikus vizsgálata. Magyar Tudomány Napja, Sz-SZ-B. Megy.Tud.Köza. füzetek 11. Nyíregyháza. 1998. nov. 5. (Szerk. Vass L.-né) p. 100-101.
5. KISS ZS. P. - **SZŐLLŐSI I.**: (1998). Evolution of the interaction of agricultural tyres and soils, University of Ungvar, Ungvár, Ukrajna 1998. máj. 29-30. p. 113-115.
6. **SZŐLLŐSI I.** - KISS ZS. P.: (1998). Talajok tömörödöttségének komplex vizsgálata. Magyar Tudomány Napja, Sz-SZ-B. Megy.Tud.Köza. füzetek 11. Nyíregyháza, 1998. nov. 5. (Szerk. Vass L.-né) p. 102-103.

7. **SZŐLLŐSI I.** - KISS ZS. P.: (1999). Changing Of The Soil Moisture And Penetration Resistance Values During The Breeding Season Of Uncultivated And Cultivated Soil III. International Multidisciplinary Conference, North University of Baia Mare, Baia Mare, Románia 1999. máj. 21-22. (Ed. Craciun I. et al.) p. 226-232.
8. KISS ZS. P. - **SZŐLLŐSI I.:** (1999). New Measuring System And Method Of Agricultural Tires on Soil Physics. III. International Multidisciplinary Conference, North University of Baia Mare, Baia Mare, Románia, 1999. máj. 21-22. (Ed. Craciun I. et al.) p. 118-120.
9. KISS ZS. P. – **SZŐLLŐSI I.:** (1999). Mezőgazdasági gumiabroncsok statikai és dinamikai hatásainak vizsgálata XXIII. MTA AMB. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő. 1999. jan. 20-21. p. 54/145.
10. KISS ZS. P. - **SZŐLLŐSI I.** - SINÓROS-SZABÓ B.: (1999). New method to tests the effects of agricultural tyres on soil physics. International Conference on subsoil Compaction Christian Albrechts University zu Kiel, Kiel, Németország 1999. márc. 24-26. (Ed. Horn, R. et al.) p. 28-29.
11. **SZŐLLŐSI I.** - KISS ZS. P. - SINÓROS-SZABÓ B.: (1999). Test on Compactness of uncultivated and cultivated soils. International Conference on subsoil Compaction Christian Albrechts University zu Kiel, Kiel, Németország 1999. márc. 24-26. (Ed. Horn R. et al.)
12. KISS ZS. P. – **SZŐLLŐSI I.:** (1999). Mezőgazdasági abroncsok és a talaj kölcsönhatásának vizsgálata a fizikai talajfélések és az abroncsméreték rendszerén belül. Magyar Tudomány Napja, Sz-SZ-B. Megy.Tud.Köza. füzetek 12. Nyíregyháza. 1999. nov.5. (Szerk. Vass L.-né) p. 156-157.
13. KISS ZS. P. – **SZŐLLŐSI I.:** (1999). Sorközművelő mezőgazdasági gumiabroncsok összehasonlító vizsgálatai a nyílt-színi mérőrendszerben. Magyar Tudomány Napja, Sz-SZ-B. Megy.Tud.Köza. füzetek 12. Nyíregyháza. (Szerk. Vass L.-né) p.158-159.

14. KISS ZS. P. - **SZŐLLŐSI I.**: (2000). Mezőgazdasági gumiabroncsok profilfejlesztésével kapcsolatos vizsgálatok. XXIV. MTA AMB Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő 2000. jan. 18-19. Összefoglaló kiadvány (szerk. Tóth L. – Benkóné Pongó D.) p. 47/128.
15. **SZŐLLŐSI I.** - KISS ZS. P. - KOVÁCS Z. – CZIRJÁK T.: (2001). The effect of uncultivation and green manuring on soil resistance and soil humidity. Slovak Agricultural University in Nitra, Inter. Sci. Conf. Analysis of present-day state and prognosis of development technique in farm animal breeding until 2006 under the conditions of the Slovak and Hungarian Republic. (Ed. Lobotka J.) 2001. okt. 26. p. 80-89.
16. **SZŐLLŐSI I.** - KISS ZS. P. - KOVÁCS Z.: (2001). Traditional cultivation and direct sowing in relation to soil compactness. IV. International Multidisciplinary Conference, North University of Baia Mare, Baia Mare, Románia. 2001. máj. 25-26. (Ed. Dan C.P. et al.) p.280-285.
17. KISS ZS. P. - **SZŐLLŐSI I.** – KRISTON S. – SÁRKÖZI L.: (2001). Development of finite element software for support of design of agricultural tyre on foundation on critical state soil mechanics. IV. International Multidisciplinary Conference, North University of Baia Mare, Baia Mare, Románia. 2001. máj. 25-26. (Ed. Dan C.P. et al.) p.140-144.
18. KISS ZS. P. - **SZŐLLŐSI I.**: (2001). Végeselemű talajmodell. XXV. MTA AMB. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő 2001. jan. 23-24. Összefoglaló kiadvány (szerk. Tóth L.-Benkóné Pongó D.) p.17-18.
19. **SZŐLLŐSI I.** - KISS ZS. P. - KOVÁCS Z.: (2001). A hagyományos talajművelés és direktevés összehasonlítása talajtömörödöttség tükrében. XXV. MTA AMB., Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő 2001. jan. 23-24. Kiadvány (szerk. Tóth L.-Benkóné Pongó D.) 3. kötet, p. 123-129.
20. KISS ZS. P. – **SZŐLLŐSI I.** - SÁRKÖZI L.: (2002). Próbatestekkel végzett vizsgálatok a gumiabroncs-talaj kapcsolat modellezésére. XXVI. MTA AMB. Kutatási és Fejlesztési

Tanácskozás, Gödöllő 2002. jan. 15-16. Összefoglaló kiadvány (szerk. Tóth L.-Benkóné Pongó D.) p.16.

21. **SZŐLLŐSI I.** - KISS ZS. P. - KOVÁCS Z.: (2002). Homokjavító vetésforgó kísérletek a talajtömörödöttség tükrében. Tartamkísérletek, tájtermesztés vidékfejlesztés. Nemzetközi konferencia, Debreceni Egyetem, ATC 2002. 05. 06-08. (Szerk. Láng I. et al.) p.220-225.
22. **SZŐLLŐSI I.** - KISS ZS. P. - KOVÁCS Z.: (2002). Különböző talajjavító vetésforgók hatása a talajtömörödöttségre. SZIE Gazd. és Mg. Főisk. Kar, Gyöngyös, VIII. Nemz. Agrárökon. Tud. Napok 2002.márc.26-27. (Ed. Magda S.-Dinya L.) p. 345-350.

6.3. Népszerűsítő szaklapban megjelent cikkek

1. SINÓROS-SZABÓ, B., **SZŐLLŐSI, I.** (1999): A 3T SYSTEM alkalmazása és gyakorlati jelentősége Agrofórum, 10.7. 15-16 p.
2. **SZŐLLŐSI I.** - KISS ZS. P. - KOVÁCS Z.: (2002). Westsik-féle talajjavító vetésforgók hatása a talajtömörödöttségre. Mezőgazdasági Technika, XLIII. évf. 2002. máj. p. 38-39.