

A 3T SYSTEM készülékkel mért penetrációs ellenállás és nedvességtartalom összefüggése vályog fizikai féleségű talajon

SZÖLLŐSI ISTVÁN

Nyíregyházi Főiskola, Műszaki és Mezőgazdasági Főiskolai Kar, Nyíregyháza

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

A talajellenállás mérése a leggyakrabban alkalmazott eljárás a talaj tömörödöttségének, a tömörödött rétegek mélységbeli elhelyezkedésének, valamint a talajfizikai állapot térbeli és időbeli változásának vizsgálatára (KOOLEN et al., 1983). A penetrométerrel mért talajellenállást lényegesen érzékenyebb indikátornak találták a térfogattömegnél a talajtömörödés kifejezésére (PIGEON & SOANA, 1977; BAUDER et al., 1981; RADCLIFFE et al., 1989).

Hasonló megállapításra jutottak VOORHEES és LINDSTROM (1984) a traktor-kerék tömörítő hatását vizsgálva, amikor a talaj térfogattömege 20 %-kal, penetrációs ellenállása pedig 400 %-kal lett nagyobb. Ezt támasztják alá TOLLNER és munkatársai (1984), HILL és CURSE (1985), valamint CASSEL és munkatársai (1995) hagyományos és talajkímélő művelési módok esetén végzett mérései is. A talajellenállás-értékben szignifikáns különbségeket mutattak ki a művelési módok között, míg a talaj térfogattömegében nem volt kimutatható különbség.

Amennyiben az agrotechnikai beavatkozások hatásvizsgálatára a behatolási ellenállás-értékeket használjuk, a talaj nedvességtartalmát is ismernünk kell. A különböző nedvességtartalmaknál kapott talajellenállás-értékek ugyanis nem vethetők össze (KOC SIS et al., 1992). DOUGLAS és munkatársai (1986), valamint HILL és CURSE (1985) – hogy kiküszöböljék a nedvességkülönbség talajellenállást befolyásoló hatását – szabadföldi vízkapacitás közeli nedvességtartalmú talajon végezték méréseiket. Az eljárásnak azonban több hátránya van. A különböző kezeléssű talajok összehasonlítható szintjeit nehéz és időigényes azonos nedvességtartalomra feltölteni. A szabadföldi vízkapacitás közeli nedvességtartalomnál a kezelések közötti ellenálláskülönbségek 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 talajnedvesség-értékeken mért ellenállásértékeket

vetik össze. Így azonban a mérések egy része a kiértékelés számára elvész (BIRKÁS, 2000; GYURICZA et al., 1998; SCHMIDT et al., 1998).

A Főiskola környezettechnikai kutatócsoportja a különböző talajnedvességtartalomnál kapott ellenállásértékek összehasonlíthatóságára módszert dolgozott ki, amely a SINÓROS-SZABÓ (1992) által kialakított „nyíltszíni mérőrendszerben” végzett méréssorozat alapján történt. Méréseinket a 3T SYSTEM készülékre alapoztuk, ezért a közölt átszámítási módszer e készülékkel történő mérésekre alkalmazható.

Anyag és módszer

A „nyíltszíni mérőrendszer” egy 2×1 m keresztmetszetű, 90 m hosszú betonfallal határolt tér, amely a talajszelvény által átengedett vízmennyiség mérése céljából alagsóvezéssel készült.

A mérőrendszer egyik 20 m-es szakaszába lett betöltve a Megyaszó, Újvilágtanya mellől vett vályog fizikai féleségű, réti csernozjom talaj. A talajt a természetes talajtani állapottal azonos rétegzettséggel helyeztük el. A talaj művelési és egyéb gépi beavatkozástól mentesen 2 évig ülepedett. Az ülepedést követően a talajt rétegeiben különbözönek, de vízszintes síkonként homogénnek találtuk a 3T SYSTEM mérőműszerrel végzett mérések alapján. A tenyészidőszakban (március–október) egyenletes elosztásban 36 mérést végeztünk 1 m^2 -es területen belül. A talajjellenállás- és nedvességértékeket a 3T SYSTEM termőhelyi talajteszterrel mértük. A műszerrel 60 cm-es talajmélységig 1 cm-es szakaszonként mértük a talajjellenállást (KPa-ban), valamint a nedvességtartalmat, amelyet szabadföldi vízkapacitás (pF 2,5) tf%-ban fejeztünk ki. A mért értékeket RAM tárolja és interfész segítségével számítógépbe is át lehet vinni (SINÓROS-SZABÓ, 1992; SINÓROS-SZABÓ & SZÖLLŐSI, 1999). Az adatfeldolgozás az Excel táblázatkezelő programmal történt.

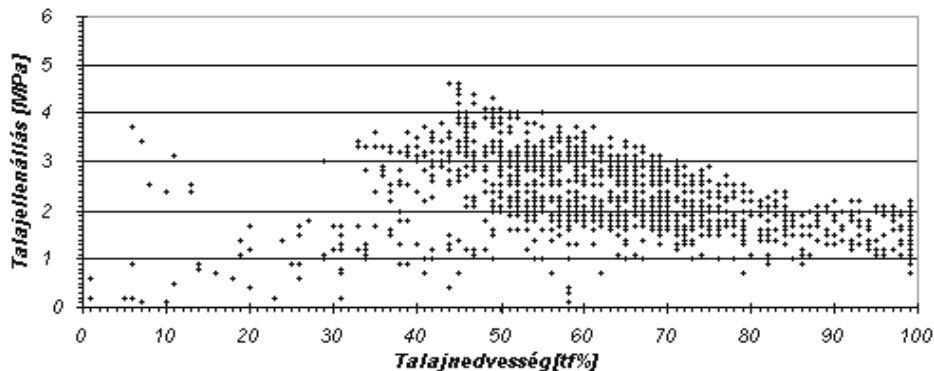
A talajjellenállás- és nedvességmérés mellett meghatároztuk 0–60 cm mélységig a 10 cm-enkénti rétegek térfogattömeg-értékeit. A talaj térfogattömegét eredeti szerkezetű (bolygatatlan) talajmintákon határoztuk meg. A mintákat rétegenként, három ismétlésben, 100 cm^3 -es mintavevő hengerekbe vettük.

A talajjellenállás-értékek átszámítására kidolgozott eljárásunk gyakorlati alkalmazásának bemutatására méréseket végeztünk a Szerencsi Mezőgazdasági Rt. Újvilágtanya melletti vályog fizikai féleségű, réti csernozjom talaján. Művelt és művelés nélküli változatokat vizsgáltunk.

A művelt talajok egyike szántott, a másik szántott + lazított volt. A nem művelt területként a tábla szélén olyan helyet választottunk ki, ahol több évtizede művelés, illetve géppel történt taposás nem volt. Egy időpontban mértük a talajellenállást és -nedvességet a 3T SYSTEM termőhelyi talajteszterrel, 3 ismétlésben.

Eredmények

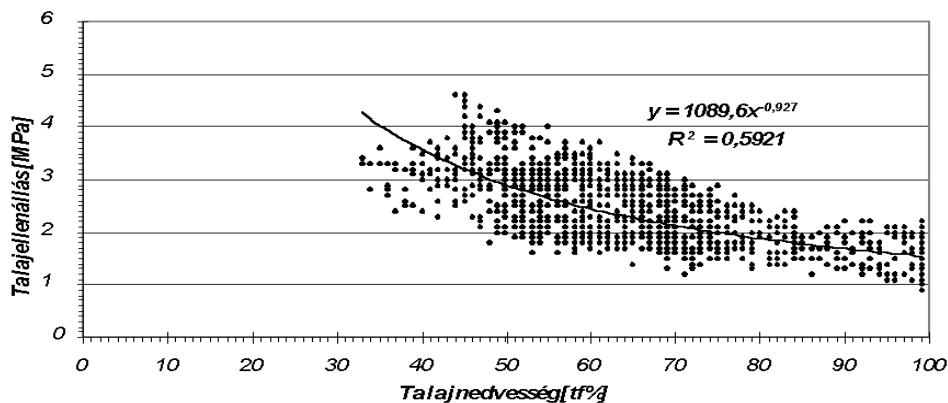
A tenyésztidőszakban (március–október) a vályog fizikai féleségű talajon mért talajellenállás- és nedvességtartalom értékek ponthalmazát (2160 db) az 1. ábrán mutatjuk be.



1. ábra

A tenyésztidőszakban (március–október) mért talajellenállás- és nedvességtartalom értékek a 0–60 cm-es mélységben (vályog fizikai féleségű, réti csernozjom talaj)

A felső 5 cm-es talajrétegben mért értékek nélküli (6–60 cm-es mélység) ponthalmaz a 2. ábrán látható. A mért értékek leginkább egy hiperbolához közeli negatív hatványkitevőjű függvényvel írhatók le, melyet a szakirodalom is igazol (HILL & CURSE, 1985; KOCSIS et al., 1992). Méréseinket az illesztett függvény azonban csak közelítően írta le ($R^2 = 0,59$).



2. ábra

A talajellenállás és nedvességtartalom közötti összefüggés a talaj 6–60 cm-es rétegére, a mért adatok alapján

A talajellenállás-értékek nemcsak a talaj nedvességétől, hanem térfogattömegétől is függnék. A 10 cm-es talajrétegekre mért térfogattömeg-, talajellenállás- és nedvességtartalom-értékeket elemeztük ezért. A különböző térfogattömeg-értékeknél, a talajellenállás és nedvességtartalom függvénykapcsolatait az 1. táblázatban adjuk meg.

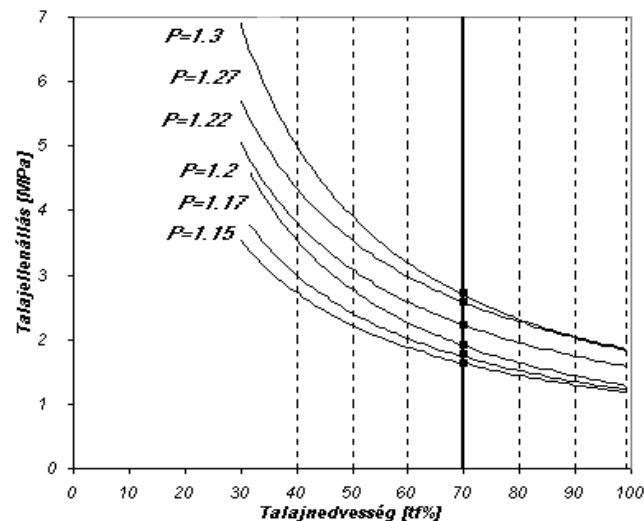
1. táblázat

A térfogattömeg-értékek, a talajellenállás és a nedvességtartalom közötti függvénykapcsolatok

(1) Mélység tartomány (cm)	(2) Mért térfogattömeg (g/cm ³)	(3) Talajellenállás és nedvességtartalom függvénykapcsolata	R ² - érték
6–10	1,15	$y = 80,173x^{-0,9174}$	0,7997
11–20	1,17	$y = 111,63x^{-0,9813}$	0,8799
21–30	1,20	$y = 216,13x^{-1,1142}$	0,8842
31–40	1,22	$y = 136,54x^{-0,9695}$	0,9166
41–50	1,30	$y = 306,34x^{-1,1151}$	0,925
51–60	1,27	$y = 139,58x^{-0,94}$	0,9411

A mért 30–100 % nedvességtartományban a talajellenállás hatványfüggvényeinek determinációs együtthatója 80–94 % közötti.

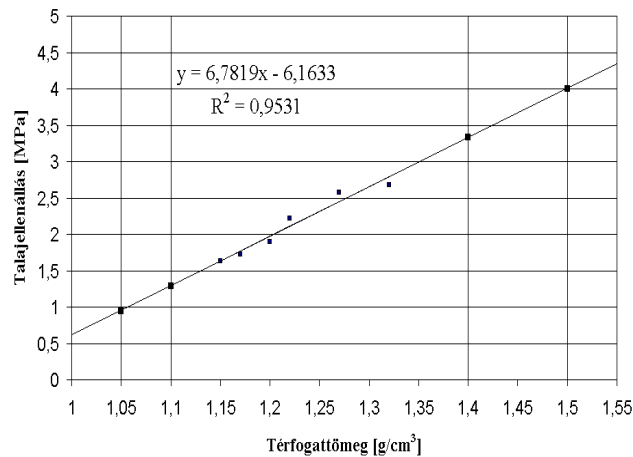
Mivel a nyíltszíni mérőrendszerben 1,3 g/cm³ térfogattömegnél nagyobb, illetve 1,15 g/cm³-nél kisebb értéket nem mértünk, a megállapított függvénykapcsolatot mesterségesen terjesztettük ki nagyobb, illetve kisebb térfogattömeg-



3. ábra

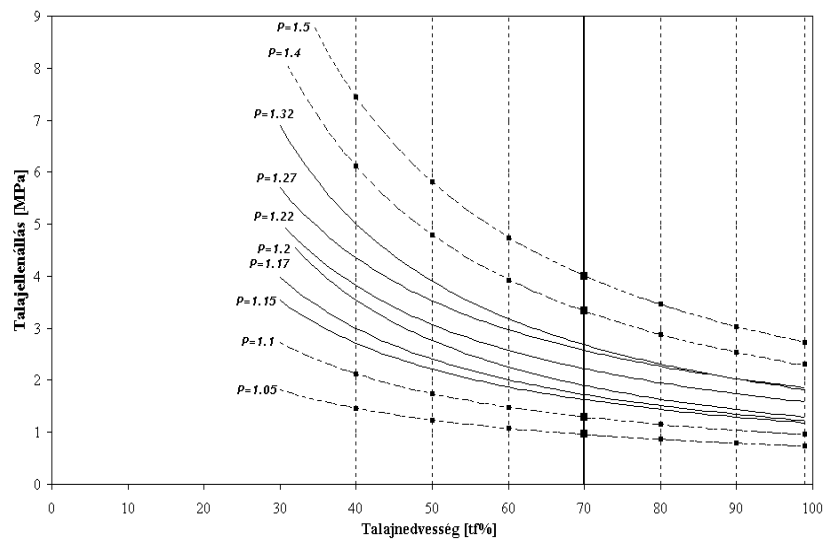
A talajellenállás a térfogattömeg és nedvességtartalom függvényében

értékekre. További négy térfogattömeg-értékhez (1,05; 1,1; 1,4; 1,5 g/cm³) tartozó függvényt határoztunk meg. A mért adatok alapján meghatározott függvényeket 40, 50, 60, 70, 80, 90 és 99 tf% nedvességtartalom-értéken felvett y tengellyel párhuzamos egyenesekkel metsztük (3. ábra). Egy nedvességértékhez 6 metszési pont tartozik.



4. ábra

70 % talajnedvesség-értéknél a talajellenállás változása a térfogattömeg függvényében

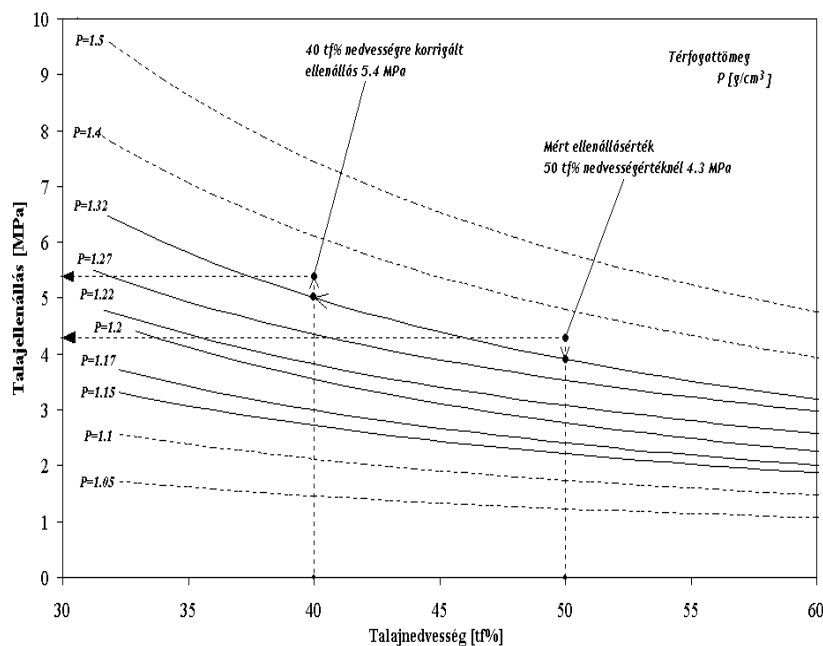


5. ábra

A talajellenállás és nedvességtartalom közötti összefüggés meghatározása 1,05, 1,1, 1,4 és 1,5 g/cm³ térfogattömeg-értéknél

A térfogattömeg- és talajellenállás koordinátarendszerben felvett 6 metszéspontra egyenest illesztettünk 70 %-os nedvességi érték mellett (4. ábra).

Majd meghatároztuk az 1,05; 1,1; 1,4 és 1,5 g/cm³ térfogattömeg-értékhez tartozó talajellenállás-értékeket. Ezt mind a hét nedvességértékre elvégeztük. Az így kapott pontokra illesztettük az 1,05; 1,1; 1,4 és 1,5 g/cm³ térfogattömeg-értékhez tartozó függvényeket (5. ábra).



6. ábra

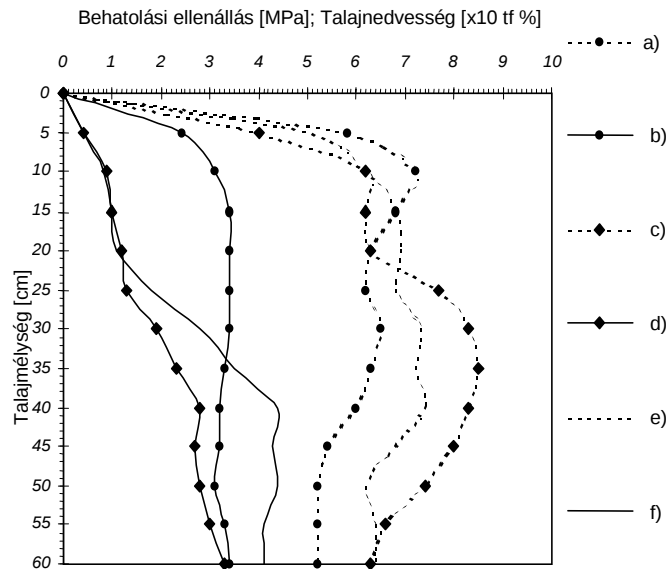
A különböző talajnedvesség-értékeken mért talajellenállás-értékek azonos talajnedvesség-értékre történő átszámítása

A különböző nedvességtartalom-értékeken mért ellenállásértékek azonos nedvességi értékre történő átszámításának módját a 6. ábra szemlélteti.

A 6. ábrán látható, hogy ha 50 %-os talajnedvesség-értéknél 4,3 MPa talajellenállás-értéket mérünk, akkor 40 % nedvességre 5,4 MPa-t kapnánk. Kiindulva a mért talajnedvesség- és ellenállásértékből az elkészített számítógépes programunk megkeresi a legközelebbi függvényt (jelen esetben a $p = 1,3 \text{ g/cm}^3$ -hez tartozót) és ezen elmegy a 40 tf%-os talajnedvesség metszéspontig. Meghatározza a talajellenállás-érték növekedésének nagyságát, amelyhez hozzáadja az eredeti pont függvényétől való távolságát.

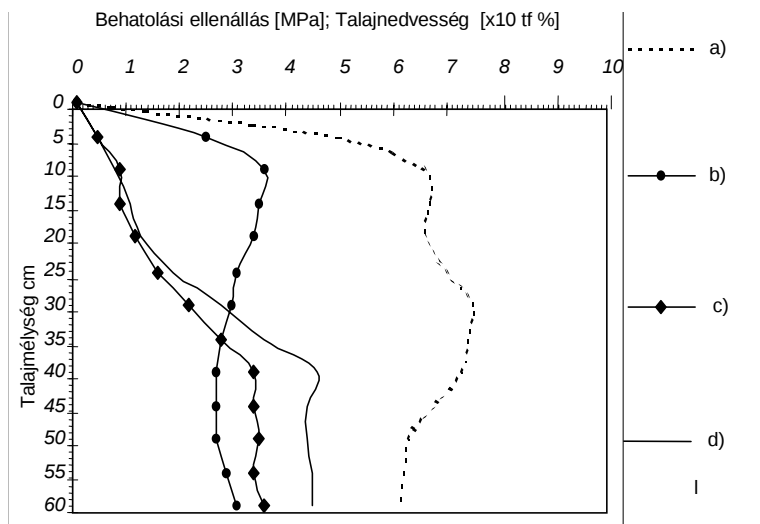
A számítás gyakorlati alkalmazását a 7. és 8. ábrákon mutatjuk be.

A 7. ábra vályog fizikai féleségű, réti csernozjom talajon mutatja be a különböző művelések mellett mért talajellenállás- és nedvességértékeket.



7. ábra

Vályog fizikai féleségű, réti csernozjom talajon mért talajellenállás- és nedvességértékek különböző művelésekben (2001. április. 29.): a) Nem művelt, nedvesség; b) nem művelt, ellenállás; c) művelt, lazított, nedvesség; d) művelt, lazított, ellenállás; e) Művelt, lazítatlan, nedvesség; f) Művelt, lazítatlan, ellenállás



8. ábra

A különböző művelések azonos (átlag) nedvességértékére átszámított talajellenállás-értékei.
a) Átlagnedvesség; b) nem művelt, ellenállás; c) korrigált ellenállás görbe; d) korrigált művelt, lazítatlan, ellenállás

A 7. ábrából látható, hogy a két művelt talaj közül a szántott + lazított nedvessége volt nagyobb, míg a legkisebb nedvessége a művelés nélküli talajnak volt. A csak szántott talaj ellenállása 32 cm-es mélység alatt már nagyobb volt, mint a nem művelt talajé. A szántott + lazított talaj ellenállása viszont a teljes mélységben kisebb volt.

A talajellenállás-értékek a három nedvességérték átlagára történt átszámítása után már más képet mutattak (8. ábra). Csökkent a talajellenállás-különbség a két művelt talaj között, azonban még jelentős maradt a mélyebb rétegekben. A művelés nélküli és művelt talajok ellenállása közötti eltérések viszont kifejezettebbé váltak. A legszembetűnőbb változás, hogy a szántott + lazított talaj ellenállása is meghaladta a 35 cm-es talajmélység után a nem művelt talajét.

Ha a különböző művelések tömörödöttségre gyakorolt hatását a talajellenállás-értékek mérésével kívánjuk jellemezni, akkor a talajnedvesség-értékek ezeket jelentősen befolyásolhatják. Az általunk kidolgozott és bemutatott számítási eljárás vályog fizikai féleségű talaj esetén erre ad lehetőséget.

Összefoglalás

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. Ha az agrotechnikai beavatkozások hatásának vizsgálata során a behatolási ellenállás-értékekből a tömörödöttségi állapotokra kívánunk következtetni, a talaj nedvességtartalmának ismerete és figyelembe vétele nélkülözhetetlen az ellenállásértékek értelmezéséhez.

A hazai gyakorlatban az terjedt el, hogy a különböző kezelések összehasonlítása során a közel azonos talajnedvesség-értékeken mért ellenállásértékeket vetik össze, így azonban a mért adatok egy része a kiértékelés számára elvesz.

Új módszert dolgoztunk ki, melynek segítségével a különböző talajnedvesség-tartalmaknál kapott ellenállásértékeket azonos nedvességtartalomra számítjuk át.

Méréseinket a 3T SYSTEM készülékre alapoztuk, ezért a közölt átszámítási módszer a 3T SYSTEM készülékkel történő mérésekre alkalmazható.

Az átszámításhoz szükséges összefüggések meghatározása érdekében a Nyíregyházi Főiskolán kialakított „nyíltszíni mérőrendszerében” nagy számú mérést végeztünk a teljes tenyészidőszakra (március–október) kiterjedően vályog fizikai féleségű, réti csernozjom talajon, mely során mértük a 0–60 cm talajmélység-tartományban a talajellenállás és nedvességtartalom összetartozó értékpárjait 1 cm-es lépésközönként. Egyúttal patronos talajmintavétel segítségével megállapítottuk a 10 cm-enkénti talajrétegek térfogattömeg-értékeit. Meghatároztuk az azonos térfogattömeg-értékhez tartozó talajellenállás- és ned-

vesség-értékek közötti függvénykapcsolatokat. Ezek segítségével kidolgoztunk egy olyan számítási eljárást, mellyel vályog fizikai féleségű talaj esetén a nedvesség-értékek különbözősége miatti talajellenállás-különbségeket át tudjuk számítani azonos nedvességértékek melletti ellenállásértékekre. Így a különböző művelések (szántás, lazítás) hatásának vizsgálata során az ellenállásértékekkel egyértelműen jellemezni tudjuk a talaj tömörödöttségi állapotát.

Kulcsszavak: tömörödöttség, talajellenállás, 3T SYSTEM készülék, talajellenállás–nedvesség függvénykapcsolata

Irodalom

- BAUDER, J. W., RANDALL, G. W. & SWANN, J. B., 1981. Effect of four continuous tillage systems on mechanical resistance of clay loam soil. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* **45**. 802–806.
- BIRKÁS M., 2000. A talajtömörödés kialakulása Magyarországon, következményei, megelőzésének és enyhítésének lehetőségei. MTA Doktori értekezés. Gödöllő.
- 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.
- DOUGLAS, J. T. et al., 1986. Structure of silty soil in relation to management. *J. Soil. Sci.* **37**. 137–151.
- FREITAG, D. R., 1971. Methods of measuring soil compaction. In: *Compaction of Agricultural Soils*. (Eds.: BARNES, K. K. et al.) 47–103. ASAE Monograph.
- GYURICZA CS., BARÁTH CS-NÉ & BIRKÁS M., 1998. Polinomális regresszió alkalmazása a talajellenállás statisztikai értékelésben. *Növénytermelés*. **3**. 301–311.
- HILL, R. L. & CURSE, R. H., 1985. Tillage effects on bulk density and soil strength of two Mollisoils. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* **49**. 1270–1273.
- KOCSIS I. et al., 1992. Nedvességmérés penetrométer gyepen. In.: *Természetes állattartás. 2. Tudományos és Termelési Tanácskozás*. (Szerk.: VINCZEFFY I.) 75–84. Debrecen.
- KOOLEN, A. J. & KUIPERS, M., 1983. *Agricultural Soil Mechanics*. Springer Verlag. Berlin.
- PIGEON, J. D. & SOANE, B. D., 1977. Effects of tillage and direct drilling on soil properties during the growing season in a long-term barley monoculture system, *J. Agric. Sci.* **88**. 432–442.
- RADCLIFFE, D. E. et al., 1989. Effects of traffic and in-row chiselling on mechanical impedance. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **53**. 1197–1201.
- SCHMIDT R. et al., 1988. A talajok tömörödöttségének vizsgálata művelőutas cukorrépa-termesztési technológiák alkalmazása esetén. *Cukorrépa*. **16**. (1) 8–14.
- SINÓROS-SZABÓ B., 1992. Talajfizikai és művelésenergetikai kölcsönhatások. MTA Doktori értekezés.
- SINÓROS-SZABÓ B. & SZÖLLŐSI I., 1999. A 3T SYSTEM alkalmazása és gyakorlati jelentősége. *Agrofórum*, **10**. (7) 15–16.

- TOLLNER, E. W., MARGROVE, W. L. & LANGDALE, G. W., 1984. Influence of conventional and no-till practices on soil physical properties in the Southern Piedmont. *J. Soil Water Conserv.* **39**. 73–76.
- VOORHEES, W. B. & LINDSTROM, M. J., 1984. Long-term effects of tillage on soil tilth independent of wheel traffic compaction. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* **48**. 152–156.

Érkezett: 2003. május 10.

Correlations Between the Penetration Resistance Registered with a 3T SYSTEM Instrument and the Moisture Content of a Soil with Loam Texture

I. SZÖLLŐSI

Faculty of Technology and Agriculture, Nyíregyháza College, Nyíregyháza (Hungary)

Summary

The measurement of soil resistance with a penetrometer is one of the frequently used methods for examining soil compaction, the depth distribution of the compacted layers, and spatial and temporal changes in the physical status of the soil. If correct conclusions on the state of soil compaction as the result of tillage methods are to be drawn from the penetration resistance values, it is essential to take into consideration the moisture content of the soil.

It is general practice in Hungary for only resistance values recorded at approximately the same soil moisture content to be used for the comparison of different treatments. This means, however, that some of the data recorded are lost for the purposes of evaluation.

A new method was elaborated, with which resistance values recorded at different soil moisture contents can be converted to a standard moisture content. The measurements were made with a 3T SYSTEM instrument, so the method is suitable for the conversion of data recorded with this device.

In order to determine the correlations required for the conversion, a large number of measurements were made throughout the vegetation period (March–September) in the “open measuring system” set up at Nyíregyháza College on a loamy meadow chernozem soil, during which the soil resistance and moisture content were recorded at 1 cm intervals to a depth of 60 cm. At the same time, cartridge soil sampling was used to determine the bulk density values of the soil layers, every 10 cm. Functional relationships were determined between the soil resistance and moisture values at the same bulk density values. These were used to elaborate a method with which differences in the soil resistance due to differences in soil moisture values in loamy soil could be converted into resistance values at the same moisture content. When studying the effect of various tillage methods (ploughing, loosening) resistance values could thus be used to give a clear picture of the state of soil compaction.

Table 1. Functional relationships between bulk density, soil resistance and moisture content. (1) Depth range, cm. (2) Bulk density, g/cm³. (3) Functional relationship between soil resistance and moisture content.

Fig. 1. Soil resistance (MPa) and moisture content (vol%) values at 0–60 cm depth (loamy meadow chernozem soil) during the vegetation period (March–October).

Fig. 2. Correlation between soil resistance (MPa) and moisture content (vol%) in the 6–60 cm soil layer, based on measured data.

Fig. 3. Soil resistance as a function of bulk density and moisture content. Horizontal axis: soil moisture (vol%). Vertical axis: Soil resistance (MPa). P = bulk density.

Fig. 4. Changes in soil resistance (MPa) at 70% soil moisture as a function of bulk density (g/cm^3).

Fig. 5. Determination of the correlation between soil resistance and moisture content at bulk density values of 1.05, 1.1, 1.4 and 1.5 g/cm^3 . Horizontal axis: Moisture content, vol%. Vertical axis: Soil resistance, MPa. P = bulk density, g/cm^3 .

Fig. 6. Conversion of soil resistance values measured at various soil moisture contents to the same soil moisture content. Horizontal and vertical axes, P : see Fig. 5. Legend: Resistance corrected to 40 vol% moisture content: 5.4 MPa. Resistance measured at 50 vol% moisture content: 4.3 MPa.

Fig. 7. Soil resistance (MPa) and moisture contents ($\times 10$ vol%) recorded in various tillage treatments on loamy meadow chernozem soil (Megyaszó-Újvilágtanya, 29 April 2001). Vertical axis: Soil depth, cm. Legend, from top to bottom: No tillage, moisture. No tillage, resistance. Tilled, loosened, moisture. Tilled, loosened, resistance. Tilled, without loosening, moisture. Tilled, without loosening, resistance.

Fig. 8. Soil resistance values of various tillage methods, converted to the same (mean) moisture value. Vertical axis: Soil depth, cm. Legend, from top to bottom: Mean moisture. No tillage, resistance. Corrected resistance curve. Corrected, tilled, unloosened.