

**A penetrációs ellenállás változása különböző talajokon  
a tenyészidőszak alatt**

SZÖLLŐSI ISTVÁN, KISS ZSOLT PÉTER, KOVÁCS ZOLTÁN és  
CZIRJÁK TAMÁS

Nyíregyházi Főiskola, Műszaki és Mezőgazdasági Főiskolai Kar, Nyíregyháza

Termesztett növénykultúráink számára talajaink legfontosabb funkciója azok megfelelő mennyiségben és arányban történő ellátása oxigénnel, vízzel, illetve a vízben oldott tápanyagokkal. Ehhez azonban az szükséges, hogy a talaj három fázisának aránya megfelelő legyen. Ez csak olyan talajoknál lehetséges, ahol a termőrétegben nem fordul elő káros talajtömörödöttség.

A tömörödöttség vizsgálható és jellemezhető a talajellenállás mérésével. Tömörödöttnek minősül a talaj, ha ellenállása nagyobb, mint 3,0 MPa (EITZINGER, 1991; OUWERKERK & SOANE, 1994; BIRKÁS, 1995). A talajok tömörödése talajdegradációs folyamat (STEFANOVITS, 1994; BIRKÁS et al., 1996; TAYLOR, 1987; SOMMER, 1990). STEFANOVITS (1994) a talaj víz-, levegő- és hőforgalmában bekövetkezett zavarokra, SZABÓ (1986) a mikrobiológiai tevékenység kedvezőtlen változásaira, JÓRI (1990), ill. SZÖLLŐSI (1997) a művelés energiaigényének növekedésére – mint a talajtömörödöttség káros következményeire – hívják fel a figyelmet. MADAS (1985) szerint csökken a talómaradványok, trágyák, tápanyagok feltáródása, lelassul a növények tápanyag- és vízfelvétele.

A talajtömörödöttség szempontjából 1987 óta, közel 14.000 ha-on elvégzett vizsgálatok eredményei alapján megállapították, hogy a vizsgált területek 73 %-án egy vagy több mélységben a növényi fejlődést akadályozó, a csapadék beszívargását gátló, tömör záróréteg volt megfigyelhető (BIRKÁS et al., 1997). VÁRALLYAY (1989) a hazai talajokat fizikai degradációval szembeni érzékenyséjük szempontjából nyolc kategóriába sorolta.

A „Magyarország környezeti jövőképe” című kiadványban közzétett szakértői becslések szerint szántóföldi művelés alatt lévő területeink közel 50 %-án tapasztalható káros talajtömörödöttség (BULLA, 1994). A talajtömörödöttség kiváltó oka technológiai oldalról az indokolatlanul nagy számú, valamint a nem megfelelő nedvességi állapotban végzett talajművelés, gépesítettség oldalról pedig az erő- és munkagépek talajra gyakorolt hatása.

A különböző talajművelések rendszereknek a talajtömörödöttség kialakulására gyakorolt hatását tanulmányozták és hasonlították össze BIRKÁS és munkatársai (1996, 1997), GYURICZA és munkatársai (1998), valamint SCHMIDT és munkatársai (1998).

A fentiekén túl kutatásaink során kiemelten kívántunk foglalkozni a művelés nélküli (természetes körülmények közötti) és a művelés alatt álló területek összehasonlításával, mely a talajtömörödöttség meglétéről, illetve kialakulásának okairól tovább bővítheti ismereteinket. Vizsgálataink célja:

- A talajellenállás, ezen keresztül a talajtömörödöttség vizsgálata a teljes vegetációs időszakban. A méréseink során nyomon követtük a talajnedvesség változását, amit az értékelés során figyelembe vettünk.

- Összehasonlító elemzések végzése: művelés alatt álló, illetve művelés nélküli területek; szántásos, illetve szántás + lazítóval kezelt területek, valamint növényvel fedett, illetve nem fedett területek között.

### Anyag és módszer

A talajellenállás és nedvesség értékek mérését a következő területeken végeztük:

1. *helyszín: Nyírtelek–Ferenc tanya:* A vizsgált hely a Nyíregyházi Főiskola tangazdaságának területén van. A talaj genetikai osztályozási rendszer besorolása szerint humuszos homoktalaj (fizikai féleségét tekintve homok).

2. *helyszín: Megyaszó, Újvilágtanya:* A terület a Szerencsi Mezőgazdasági Rt. kezelésében van. Talajtípus: réti csernozjom talaj (fizikai félesége vályog).

3. *helyszín: Taktaharkány, Rónahát dűlő:* A terület egy mezőgazdasági vállalkozó kezelésében áll. Talajtípus: réti agyagtalaj (fizikai félesége agyag).

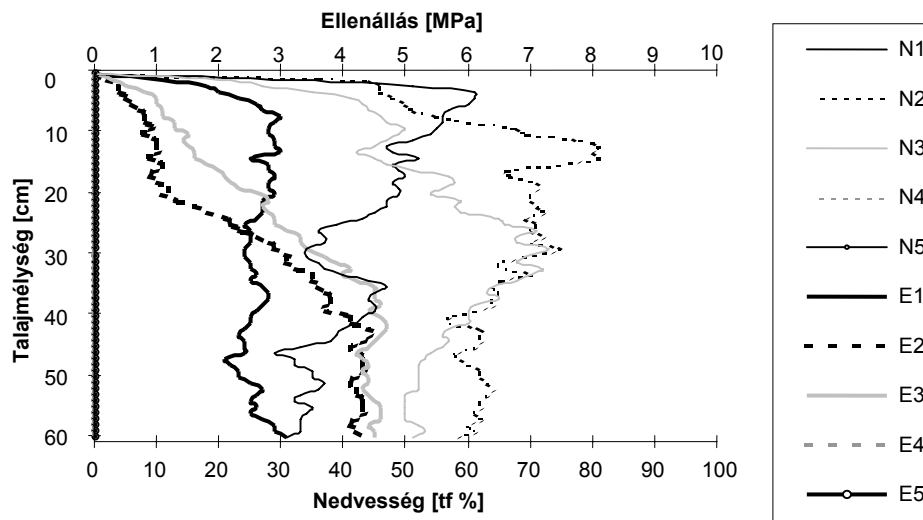
A mérővizsgálatokat a művelt területeken növénytakaróval fedett, illetve nem fedett réti csernozjom talaj esetében még szántásos, illetve szántás + lazítóval kezelt területeken is elvégeztük. A művelt területek mellett kiválasztottunk művelés nélküli (természetes körülmények közti) területeket, ahol több évtizede művelés nem történt.

A tenyészedőszak alatti ismétléseket egy-egy mérési helyen egy előre kijelölt 20 m<sup>2</sup>-es területen belül végeztük. Egy vizsgálati időpontban talajtípusonként 3 x 3, illetve 5 x 3 mérés (azaz egy mérőhelyen 3 ismétlés) történt.

A talaj behatolási ellenállásának és nedvességének mérésére a 3T SYSTEM termőhelyi talaj-tesztet használtuk. A műszer 60 cm-es talajmélységig 1 cm-es szakaszonként méri a talaj ellenállását (kPa-ban) és nedvességtartalmát (szántóföldi vízkapacitás, pF 2,5, tf %-ban). A mért értéket RAM tárolja és interfész segítségével számítógépbe átvihetők az adatok (SINÓROS-SZABÓ & SZÖLLŐSI, 1999). Az adatbázis grafikus megjelenítéséhez az Excel táblázatkezelő programot használtuk. A különböző összehasonlítások statisztikai igazolására egytényezős varianciaanalízist alkalmaztunk (BARÁTH et al., 1996).

### Eredmények és értékelésük

Az 1. ábra mutatja a réti csernozjom (vályog fizikai féleségű) talajon mért talajellenállás és -nedvesség értékeket a vegetációs időszak elején. A különböző vizsgálati körülmények között mért talajellenállás értékek összehasonlításának szignifikancia eredményeit az 1. táblázat adja meg.



1. ábra

A talajellenállás és -nedvesség mért értékei a vegetációs időszak elején réti csernozjom talajon. *Jelmagyarázat:* N1: művelés nélküli terület talajnedvessége; N2: szántással + lazítóval művelt terület talajnedvessége növényvel nem fedett talajon; N3: szántással művelt terület talajnedvessége növényvel nem fedett talajon; N4: szántással + lazítóval művelt terület talajnedvessége növényvel fedett talajon; N5: szántással művelt terület talajnedvessége növényvel fedett talajon. E1: művelés nélküli terület talajellenállása; E2: szántással + lazítóval művelt terület talajellenállása növényvel nem fedett talajon; E3: szántással művelt terület talajellenállása növényvel nem fedett talajon; E4: szántással + lazítóval művelt terület talajellenállása növényvel fedett talajon; E5: szántással művelt terület talajellenállása növényvel fedett talajon

A művelés nélküli terület talajellenállása (E1) – a mélység függvényében – meredeken emelkedik 8 cm-es talajmélységig, ezt követően 45 cm-ig közel állandó értéken van (enyhe csökkenő tendenciával), majd egy mérsékelt emelkedés tapasztalható. A szántásos talajművelés talajellenállása (E3) kezdetben enyhén, majd egy kicsit meredekebben emelkedik, 32–45 cm között a talajellenállás görbéje enyhén kipúposodik (eketalpbetegségekre utalva), ezt követően az értékek állandóak, ill. 50 cm alatt enyhén emelkednek. A szántással kombinált lazításos művelés esetén a talajellenállás értékek (E2) 20 cm-es talajmélységig kevésbé

1. táblázat

Különböző vizsgálati körülmények között mért talajellenállás értékek összehasonlításának szignifikancia eredménytáblázata a vegetációs időszak elején réti csernozjom talaj esetén

| (1)<br>Mélység<br>[cm] | E1   | E2   | E3          | E4 | E5 | (2)<br>SzD <sub>5%</sub> | (1)<br>Mélység<br>[cm] | E1   | E2          | E3          | E4 | E5 | (2)<br>SzD <sub>5%</sub> |
|------------------------|------|------|-------------|----|----|--------------------------|------------------------|------|-------------|-------------|----|----|--------------------------|
| 0–5                    | 1,95 | 0,43 | 0,71        |    |    | 1,01                     | 30–35                  | 2,57 | <b>3,37</b> | <b>4,15</b> |    |    | 1,38                     |
| 5–10                   | 2,85 | 0,79 | 1,29        |    |    | 0,83                     | 35–40                  | 2,67 | <b>3,80</b> | <b>4,51</b> |    |    | 1,48                     |
| 10–15                  | 2,82 | 0,99 | 1,59        |    |    | 1,22                     | 40–45                  | 2,37 | <b>4,27</b> | <b>4,57</b> |    |    | 1,25                     |
| 15–20                  | 2,82 | 1,05 | 2,25        |    |    | 1,62                     | 45–50                  | 2,27 | <b>4,26</b> | <b>4,34</b> |    |    | 0,90                     |
| 20–25                  | 2,63 | 1,79 | 2,81        |    |    | 1,69                     | 50–55                  | 2,57 | <b>4,23</b> | <b>4,44</b> |    |    | 1,48                     |
| 25–30                  | 2,46 | 2,75 | <b>3,34</b> |    |    | 1,50                     | 55–60                  | 2,82 | <b>4,21</b> | <b>4,53</b> |    |    | 2,13                     |

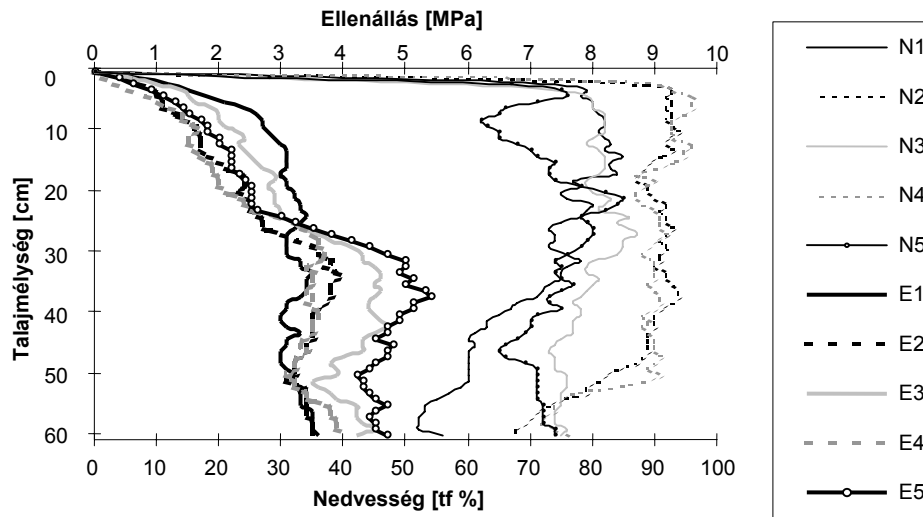
|                 | E1                | E2   | E3 | E4 |                 | E1                | E2   | E3 | E4 |                 | E1                | E2   | E3 | E4 |
|-----------------|-------------------|------|----|----|-----------------|-------------------|------|----|----|-----------------|-------------------|------|----|----|
| <b>0–5 cm</b>   | <b>SZD = 1,01</b> |      |    |    | <b>20–25 cm</b> | <b>SZD = 1,69</b> |      |    |    | <b>40–45 cm</b> | <b>SZD = 1,25</b> |      |    |    |
| E2              | 1,52*             |      |    |    | E2              | 0,83              |      |    |    | E2              | 1,89*             |      |    |    |
| E3              | 1,23*             | 0,29 |    |    | E3              | 0,19              | 1,02 |    |    | E3              | 2,19*             | 0,30 |    |    |
| E4              |                   |      |    |    | E4              |                   |      |    |    | E4              |                   |      |    |    |
| E5              |                   |      |    |    | E5              |                   |      |    |    | E5              |                   |      |    |    |
| <b>5–10 cm</b>  | <b>SZD = 0,83</b> |      |    |    | <b>25–30 cm</b> | <b>SZD = 1,50</b> |      |    |    | <b>45–50 cm</b> | <b>SZD = 0,90</b> |      |    |    |
| E2              | 2,05*             |      |    |    | E2              | 0,29              |      |    |    | E2              | 1,99*             |      |    |    |
| E3              | 1,55*             | 0,50 |    |    | E3              | 0,88              | 0,59 |    |    | E3              | 2,07*             | 0,08 |    |    |
| E4              |                   |      |    |    | E4              |                   |      |    |    | E4              |                   |      |    |    |
| E5              |                   |      |    |    | E5              |                   |      |    |    | E5              |                   |      |    |    |
| <b>10–15 cm</b> | <b>SZD = 1,22</b> |      |    |    | <b>30–35 cm</b> | <b>SZD = 1,38</b> |      |    |    | <b>50–55 cm</b> | <b>SZD = 1,48</b> |      |    |    |
| E2              | 1,83*             |      |    |    | E2              | 0,80              |      |    |    | E2              | 1,65*             |      |    |    |
| E3              | 1,23*             | 0,60 |    |    | E3              | 1,58*             | 0,78 |    |    | E3              | 1,87*             | 0,21 |    |    |
| E4              |                   |      |    |    | E4              |                   |      |    |    | E4              |                   |      |    |    |
| E5              |                   |      |    |    | E5              |                   |      |    |    | E5              |                   |      |    |    |
| <b>15–20 cm</b> | <b>SZD = 1,62</b> |      |    |    | <b>35–40 cm</b> | <b>SZD = 1,48</b> |      |    |    | <b>55–60 cm</b> | <b>SZD = 2,13</b> |      |    |    |
| E2              | 1,77*             |      |    |    | E2              | 1,13              |      |    |    | E2              | 1,39              |      |    |    |
| E3              | 0,57              | 1,20 |    |    | E3              | 1,85*             | 0,71 |    |    | E3              | 1,71              | 0,33 |    |    |
| E4              |                   |      |    |    | E4              |                   |      |    |    | E4              |                   |      |    |    |
| E5              |                   |      |    |    | E5              |                   |      |    |    | E5              |                   |      |    |    |

Talajellenállás: aaaa : 3,0 MPa – 4,0 MPa között, ■■■■ : 4,0 MPa felett SzD: P = 5 %; \*: szignifikáns  
Jelmagyarázat: E1–E5: lásd 1. ábra

meredeken emelkednek, mint a szántásos művelés esetén, majd a két görbe emelkedése hasonló meredekséget mutat, de 45 cm-es talajmélységig a lazított terület talajellenállása 0,5–1,5 MPa értékkel kevesebbek. Ezt követően a két görbe futása között lényeges különbség nem mutatható ki. A szántásos talajművelésre jellemző, 32–45 cm között jelentkező kipúposodás, a lazított területen nem tapasztalható. A szántásos művelés esetén a talajnedvesség értékek kisebbek.

A nem művelt területeket összehasonlítva a művelt területekkel, megállapítható, hogy 20–25 cm-es talajmélységig a művelés alatt lévő területek talajellenállásai lényegesen kisebbek, ezt követően jóval meghaladják azokat. Ezen különbségek az 1. táblázat alapján szignifikánsnak tekinthetők.

A lazítatlan és lazított terület között – bár a különbségek 45 cm mélységig elég nagyok (0,5–1,5 MPa) – szignifikáns különbségek nem találhatók.



2. ábra

A talajellenállás és -nedvesség mért értékei a vegetációs időszak közepén réti csernozjom talajon. Jelmagyarázat: lásd 1. ábra

A 2. ábrán a réti csernozjom (vályog fizikai féleségű) talajon a vegetációs időszak közepén mért talajellenállás ill. -nedvesség értékeket; a 2. táblázatban a különböző vizsgálati körülmények között mért talajellenállás értékek összehasonlításának szignifikancia eredményeit adjuk meg.

A művelés nélküli terület talajellenállása – a mélység függvényében – meredeken emelkedik 8 cm-es mélységig, ezt követően az értékek még enyhén növekednek 25 cm-ig, majd enyhe hullámlásokkal közel állandóak maradnak 50 cm-ig, innentől egy nagyon kicsi emelkedés tapasztalható.

A szántásos lazítatlan terület talajellenállása 25 cm-es mélységig kisebb, mint a nem művelt területé. Innentől meredeken emelkedik 37 cm-ig (ahol 5,4 MPa-t ér el 72 tf %-os talajnedvességi érték mellett), majd enyhén csökken. Megállapítható, hogy 25 cm-es talajmélység után azonban végig egyértelműen nagyobb a talajellenállása, mint a nem művelt területé. A leírt különbségek a 15–35 cm-es tartomány kivételével szignifikánsnak tekinthetők.

A lazítás nélküli, csak szántással művelt, növényvel nem fedett területek talajellenállás értékei 25 cm-ig kicsivel kisebbek, mint a növényvel fedett területek talajellenállás értékei, ezt követően valamivel nagyobbak. Szignifikáns különbség csak az 50–55 cm-es mélységnél található. A talajnedvesség görbékből látható, hogy a legfelső talajréteg kivételével a növényvel fedett terület talajnedvessége kisebb, mint a növényvel nem fedett területé. A 25–43 cm-es talajrétegben eketalpbetegség figyelhető meg.

2. táblázat

Különböző vizsgálati körülmények között mért talajellenállás értékek összehasonlításának szignifikancia eredménytáblázata a vegetációs időszak közepén réti csernozjom talaj esetén

| (1)<br>Mélység<br>[cm] | E1   | E2   | E3   | E4   | E5   | (2)<br>SzD <sub>5%</sub> | (1)<br>Mélység<br>[cm] | E1   | E2   | E3   | E4   | E5   | (2)<br>SzD <sub>5%</sub> |
|------------------------|------|------|------|------|------|--------------------------|------------------------|------|------|------|------|------|--------------------------|
| 0–5                    | 1,45 | 0,83 | 1,23 | 0,56 | 0,84 | 0,74                     | 30–35                  | 3,36 | 3,81 | 4,47 | 3,49 | 5,00 | 1,21                     |
| 5–10                   | 2,65 | 1,38 | 2,05 | 1,44 | 1,64 | 1,00                     | 35–40                  | 3,17 | 3,69 | 4,49 | 3,48 | 5,17 | 1,05                     |
| 10–15                  | 3,05 | 1,80 | 2,45 | 1,65 | 2,12 | 0,98                     | 40–45                  | 3,13 | 3,49 | 4,45 | 3,45 | 4,72 | 0,94                     |
| 15–20                  | 3,10 | 2,30 | 2,81 | 1,98 | 2,39 | 1,18                     | 45–50                  | 3,07 | 3,25 | 3,97 | 3,25 | 4,51 | 0,94                     |
| 20–25                  | 3,28 | 2,52 | 3,01 | 2,67 | 2,75 | 1,25                     | 50–55                  | 3,28 | 3,31 | 3,81 | 3,39 | 4,45 | 0,59                     |
| 25–30                  | 3,15 | 3,20 | 3,83 | 3,55 | 4,09 | 1,18                     | 55–60                  | 3,51 | 3,46 | 4,26 | 3,86 | 4,51 | 0,96                     |

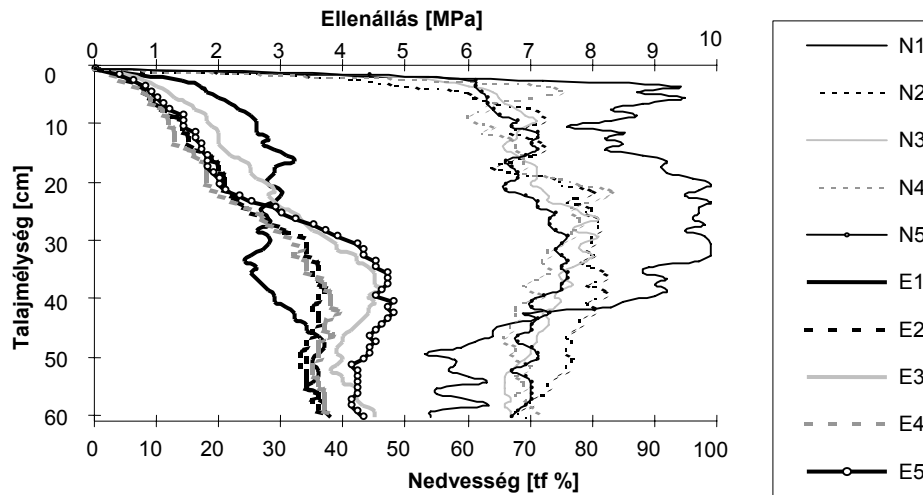
  

|          | E1         | E2   | E3   | E4   |          | E1         | E2    | E3   | E4    |          | E1         | E2    | E3    | E4    |
|----------|------------|------|------|------|----------|------------|-------|------|-------|----------|------------|-------|-------|-------|
| 0–5 cm   | SZD = 0,74 |      |      |      | 20–25 cm | SZD = 1,25 |       |      |       | 40–45 cm | SZD = 0,94 |       |       |       |
| E2       | 0,62       |      |      |      | E2       | 0,76       |       |      |       | E2       | 0,36       |       |       |       |
| E3       | 0,22       | 0,40 |      |      | E3       | 0,27       | 0,49  |      |       | E3       | 1,32*      | 0,96* |       |       |
| E4       | 0,89*      | 0,27 | 0,67 |      | E4       | 0,61       | 0,15  | 0,33 |       | E4       | 0,33       | 0,03  | 0,99* |       |
| E5       | 0,61       | 0,01 | 0,39 | 0,28 | E5       | 0,53       | 0,23  | 0,25 | 0,08  | E5       | 1,59*      | 1,23* | 0,27  | 1,27* |
| 5–10 cm  | SZD = 1,00 |      |      |      | 25–30 cm | SZD = 1,18 |       |      |       | 45–50 cm | SZD = 0,94 |       |       |       |
| E2       | 1,27*      |      |      |      | E2       | 0,05       |       |      |       | E2       | 0,18       |       |       |       |
| E3       | 0,60       | 0,67 |      |      | E3       | 0,68       | 0,63  |      |       | E3       | 0,90       | 0,72  |       |       |
| E4       | 1,21*      | 0,06 | 0,61 |      | E4       | 0,41       | 0,35  | 0,27 |       | E4       | 0,17       | 0,01  | 0,73  |       |
| E5       | 1,01*      | 0,26 | 0,41 | 0,20 | E5       | 0,95       | 0,89  | 0,27 | 0,54  | E5       | 1,43*      | 1,25* | 0,53  | 1,26* |
| 10–15 cm | SZD = 0,98 |      |      |      | 30–35 cm | SZD = 1,21 |       |      |       | 50–55 cm | SZD = 0,59 |       |       |       |
| E2       | 1,25*      |      |      |      | E2       | 0,45       |       |      |       | E2       | 0,03       |       |       |       |
| E3       | 0,60       | 0,65 |      |      | E3       | 1,11       | 0,67  |      |       | E3       | 0,53       | 0,49  |       |       |
| E4       | 1,41*      | 0,15 | 0,81 |      | E4       | 0,13       | 0,31  | 0,98 |       | E4       | 0,11       | 0,07  | 0,42  |       |
| E5       | 0,93       | 0,32 | 0,33 | 0,47 | E5       | 1,64*      | 1,19  | 0,53 | 1,51* | E5       | 1,17*      | 1,13* | 0,64* | 1,06* |
| 15–20 cm | SZD = 1,18 |      |      |      | 35–40 cm | SZD = 1,05 |       |      |       | 55–60 cm | SZD = 0,96 |       |       |       |
| E2       | 0,80       |      |      |      | E2       | 0,52       |       |      |       | E2       | 0,05       |       |       |       |
| E3       | 0,29       | 0,51 |      |      | E3       | 1,33*      | 0,81  |      |       | E3       | 0,75       | 0,80  |       |       |
| E4       | 1,12       | 0,32 | 0,83 |      | E4       | 0,31       | 0,21  | 1,01 |       | E4       | 0,35       | 0,40  | 0,40  |       |
| E5       | 0,71       | 0,09 | 0,42 | 0,41 | E5       | 2,00*      | 1,48* | 0,67 | 1,69* | E5       | 0,99*      | 1,05* | 0,25  | 0,65  |

Jelmagyarázatot lásd: 1. ábra, ill. 1. táblázat

A talajlazítóval is kezelt terület talajellenállását összehasonlítva a nem művelt területtel megállapítható, hogy a lazított terület talajellenállása kisebb, mint a nem művelt területé. 25 cm-es talajmélységig ezt követően kissé meghaladja azt. Az eketalp alatti tömörödött rétegre utaló görbe-kipúposodás már nem figyelhető meg. A növényvel fedett, illetve nem fedett területek között statisztikailag igazolható különbségek nincsenek. A nem művelt, illetve lazított terület között is csak a 5–15 cm-es talajrétegben kaptunk szignifikáns különbségeket.

A szántásos lazítatlan és a lazítóval kezelt területek talajellenállásait összehasonlítva azt tapasztaltuk, hogy 25 cm-es talajmélységig hasonló tendenciát mutatnak, azonban a lazított terület talajellenállása valamivel kisebb (de nem szignifikánsan). 25 cm-es talajmélység után a különbségek nagyobbak: a lazított terület talajellenállása lényegesen kisebb. 30 cm-es talajmélységtől a különbségek statisztikailag is igazolhatóak. A szántásos művelés esetén a talajnedvesség értékei itt is kisebbek.



3. ábra

A talajellenállás és -nedvesség mért értékei a vegetációs időszak végén réti csernozjom talajon. Jelmagyarázat: lásd 1. ábra

A 3. ábrán láthatóak a réti csernozjom (vályog fizikai féleségű) talajon mért talajellenállás és -nedvesség értékek a vegetációs időszak végén. A különböző vizsgálati körülmények között mért talajellenállás értékek összehasonlításának szignifikancia eredményeit a 3. táblázat tartalmazza.

A nem művelt terület talajellenállása kezdetben meredeken, majd enyhébben emelkedik 16 cm-es talajmélységig, 34 cm-ig enyhén csökken, majd 45 cm-ig ismét emelkedik. Ezután közel állandó szinten marad. Maximális értékét 47 cm-nél (3,7 MPa-t) 52 tf %-os talajnedvességnél éri el.

A szántásos lazítatlan terület talajellenállása 25 cm-es talajmélységig kisebb, mint a nem művelt területé, ezt követően meredeken emelkedik, és végig meghaladja azt. A különbségek – a két görbe keresztezési pontjai kivételével – szignifikánsak.

A lazítás nélküli, csak szántással művelt, növényvel fedett területek talajellenállás értékei 25 cm-es talajmélységig kisebbek, mint a növényvel nem fedett területek értékei, majd ezt követően kicsit nagyobbak. Szignifikáns különbségek azonban nem mutathatók ki.

A talajnedvesség görbéből látható, hogy a legfelső talajréteg kivételével a növényvel fedett terület talajnedvessége kisebb, mint a növényvel nem fedett területé. Az eketalpbetegség jelei a 25–45 cm-es talajrétegben itt is kimutathatóak.

3. táblázat

Különböző vizsgálati körülmények között mért talajellenállás értékek összehasonlításának szignifikancia eredménytáblázata a vegetációs időszak végén réti csernozjom talaj esetén

| (1)<br>Mélység<br>[cm] | E1   | E2          | E3          | E4   | E5          | (2)<br>SzD <sub>5%</sub> | (1)<br>Mélység<br>[cm] | E1          | E2          | E3          | E4          | E5          | (2)<br>SzD <sub>5%</sub> |
|------------------------|------|-------------|-------------|------|-------------|--------------------------|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|
| 0–5                    | 1,54 | 0,66        | 0,94        | 0,59 | 0,76        | 0,42                     | 30–35                  | 2,55        | <b>3,48</b> | <b>4,24</b> | <b>3,33</b> | <b>4,45</b> | 0,30                     |
| 5–10                   | 2,46 | 1,21        | 1,71        | 1,12 | 1,30        | 0,48                     | 35–40                  | 2,78        | <b>3,60</b> | <b>4,51</b> | <b>3,73</b> | <b>4,64</b> | 0,44                     |
| 10–15                  | 2,81 | 1,58        | 2,05        | 1,38 | 1,67        | 0,68                     | 40–45                  | <b>3,27</b> | <b>3,56</b> | <b>4,26</b> | <b>3,79</b> | <b>4,66</b> | 0,62                     |
| 15–20                  | 2,93 | 2,02        | 2,55        | 1,77 | 1,89        | 0,91                     | 45–50                  | <b>3,59</b> | <b>3,41</b> | <b>3,96</b> | <b>3,62</b> | <b>4,41</b> | 0,73                     |
| 20–25                  | 2,83 | 2,32        | 2,93        | 2,21 | 2,57        | 0,74                     | 50–55                  | <b>3,53</b> | <b>3,37</b> | <b>4,00</b> | <b>3,55</b> | <b>4,17</b> | 0,64                     |
| 25–30                  | 2,77 | <b>3,06</b> | <b>3,55</b> | 2,94 | <b>3,73</b> | 0,60                     | 55–60                  | <b>3,67</b> | <b>3,61</b> | <b>4,33</b> | <b>3,70</b> | <b>4,15</b> | 0,91                     |

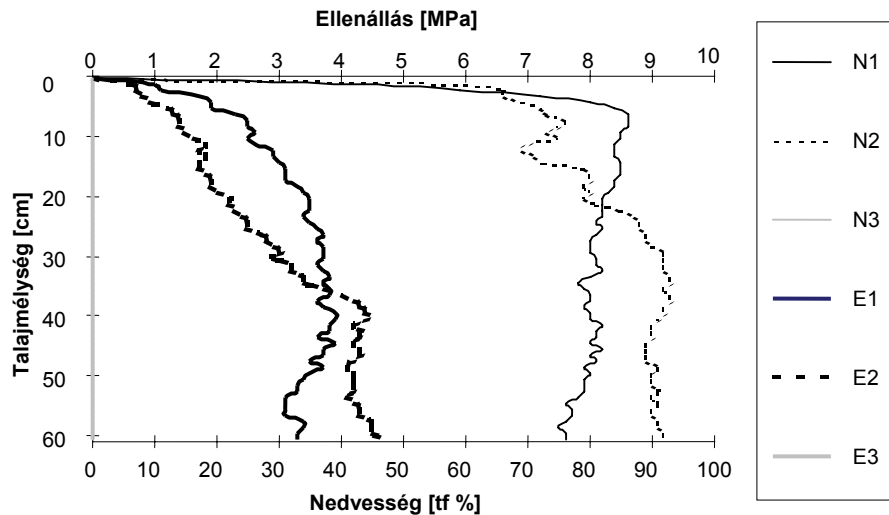
|                 | E1                | E2    | E3    | E4   |                 | E1                | E2    | E3    | E4    |                 | E1                | E2    | E3   | E4    |
|-----------------|-------------------|-------|-------|------|-----------------|-------------------|-------|-------|-------|-----------------|-------------------|-------|------|-------|
| <b>0–5 cm</b>   | <b>SZD = 0,42</b> |       |       |      | <b>20–25 cm</b> | <b>SZD = 0,74</b> |       |       |       | <b>40–45 cm</b> | <b>SZD = 0,62</b> |       |      |       |
| E2              | 0,88*             |       |       |      | E2              | 0,51              |       |       |       | E2              | 0,29              |       |      |       |
| E3              | 0,60*             | 0,28  |       |      | E3              | 0,10              | 0,61  |       |       | E3              | 0,99*             | 0,70* |      |       |
| E4              | 0,95*             | 0,07  | 0,35  |      | E4              | 0,63              | 0,11  | 0,73  |       | E4              | 0,52              | 0,23  | 0,47 |       |
| E5              | 0,78*             | 0,10  | 0,18  | 0,17 | E5              | 0,27              | 0,25  | 0,37  | 0,36  | E5              | 1,39*             | 1,10* | 0,40 | 0,87* |
| <b>5–10 cm</b>  | <b>SZD = 0,48</b> |       |       |      | <b>25–30 cm</b> | <b>SZD = 0,60</b> |       |       |       | <b>45–50 cm</b> | <b>SZD = 0,73</b> |       |      |       |
| E2              | 1,25*             |       |       |      | E2              | 0,29              |       |       |       | E2              | 0,19              |       |      |       |
| E3              | 0,75*             | 0,49* |       |      | E3              | 0,78*             | 0,49  |       |       | E3              | 0,37              | 0,55  |      |       |
| E4              | 1,34*             | 0,09  | 0,59* |      | E4              | 0,17              | 0,12  | 0,61* |       | E4              | 0,03              | 0,21  | 0,34 |       |
| E5              | 1,16*             | 0,09  | 0,41  | 0,18 | E5              | 0,96*             | 0,67* | 0,18  | 0,79* | E5              | 0,81*             | 1,00* | 0,45 | 0,79* |
| <b>10–15 cm</b> | <b>SZD = 0,68</b> |       |       |      | <b>30–35 cm</b> | <b>SZD = 0,30</b> |       |       |       | <b>50–55 cm</b> | <b>SZD = 0,64</b> |       |      |       |
| E2              | 1,23*             |       |       |      | E2              | 0,93*             |       |       |       | E2              | 0,16              |       |      |       |
| E3              | 0,77*             | 0,47  |       |      | E3              | 1,69*             | 0,76* |       |       | E3              | 0,47              | 0,63  |      |       |
| E4              | 1,43*             | 0,20  | 0,67  |      | E4              | 0,77*             | 0,15  | 0,91* |       | E4              | 0,03              | 0,19  | 0,45 |       |
| E5              | 1,14*             | 0,09  | 0,37  | 0,29 | E5              | 1,89*             | 0,97* | 0,21  | 1,12* | E5              | 0,65*             | 0,81* | 0,17 | 0,62  |
| <b>15–20 cm</b> | <b>SZD = 0,91</b> |       |       |      | <b>35–40 cm</b> | <b>SZD = 0,44</b> |       |       |       | <b>55–60 cm</b> | <b>SZD = 0,91</b> |       |      |       |
| E2              | 0,91              |       |       |      | E2              | 0,82*             |       |       |       | E2              | 0,07              |       |      |       |
| E3              | 0,37              | 0,53  |       |      | E3              | 1,73*             | 0,91* |       |       | E3              | 0,65              | 0,72  |      |       |
| E4              | 1,16*             | 0,25  | 0,79  |      | E4              | 0,95*             | 0,13  | 0,78* |       | E4              | 0,03              | 0,09  | 0,63 |       |
| E5              | 1,03*             | 0,13  | 0,66  | 0,13 | E5              | 1,86*             | 1,04* | 0,13  | 0,91* | E5              | 0,48              | 0,55  | 0,17 | 0,45  |

Jelmagyarázat: lásd 1. ábra, ill. 1. táblázat

A talajlazítóval is kezelt terület talajellenállása 27 cm talajmélységig kisebb, mint a művelés nélküli területé, 45 cm-ig meghaladja azt, majd a talajellenállás-értékek közel azonosak. A leírt különbségek szignifikánsnak tekinthetők. A növényvel fedett, illetve nem fedett területek között statisztikailag igazolható különbségek nincsenek.

A szántásos lazítatlan és lazítóval kezelt területek talajellenállásai 25 cm-es talajmélységig kis eltérést mutatnak, ezt követően a különbségek nagyobbak: a lazított terület talajellenállás értékei kisebbek. Szignifikáns különbségek az 5–10, ill. 25–55 cm-es talajrétegben mutathatók ki. A talajnedvesség értékek – a nem művelt területek kivételével – közel azonosnak tekinthetők, így a művelések közötti talajellenállás-különbségeket kevésbé befolyásolják.





4. ábra

A talajellenállás és -nedvesség mért értékei a vegetációs időszak elején réti agyagtalajon *Jelmagyarázat*: N1: művelés nélküli terület talajnedvessége; N2: szántással művelt terület talajnedvessége növényvel nem fedett talajon; N3: szántással művelt terület talajnedvessége növényvel fedett talajon; E1: művelés nélküli terület talajellenállása; E2: szántással művelt terület talajellenállása növényvel nem fedett talajon; E3: szántással művelt terület talajellenállása növényvel fedett talajon

A réti (agyag fizikai féleségű) agyagtalajon a vegetációs időszak elején mért talajellenállás és -nedvesség értékeket a 4. ábrán, a művelt, illetve nem művelt területek talajellenállás értékei közötti összehasonlítás szignifikancia eredményeit a 4. táblázatban adjuk közre.

A művelés nélküli terület talajellenállása 8 cm talajmélységig meredeken emelkedik, 35 cm-ig enyhe növekedés tapasztalható, majd a vizsgálati mélységig enyhe csökkenés. A legnagyobb talajellenállás értéket (3,8 MPa), 80 tf %-os nedvesséérték mellett, 35–40 cm között érte el.

A művelt terület talajellenállás értéke 35 cm-ig alatta marad a nem művelt területének és kisebb meredekséggel emelkedik. A legnagyobb különbséget (1,3 MPa) a 15–20 cm talajmélységnél tapasztaltuk. 35 cm után a művelt terület talajellenállás értékei meghaladják a nem művelt területét. A legnagyobb különbséget 55–60 cm között észleltük (1,2 MPa). 35–40 cm között a talajellenállás értékek meredeken emelkednek, 4,5 MPa-t érve el 92 tf % nedvesség mellett. (A jelenség meglévő, enyhe eketalpbetegségekre utal.) Ezt követően az értékek kissé csökkennek, majd az 53 cm talajmélységig közel állandóak, ezután a vizsgált talajmélységig enyhén emelkednek. A különbségek a művelt és nem művelt területek talajellenállásában a 0–20 cm talajmélység esetén szignifi-

4. táblázat

Különböző vizsgálati körülmények között mért talajellenállás értékek összehasonlításának szignifikancia eredménytáblázata a vegetációs időszak elején réti agyagtalaj esetén

| (1)<br>Mélység<br>[cm] | E1          | E2   | E3 | (2)<br>SzD <sub>5%</sub> | (1)<br>Mélység<br>[cm] | E1          | E2          | E3 | (2)<br>SzD <sub>5%</sub> | (1)<br>Mélység<br>[cm] | E1          | E2          | E3 | (2)<br>SzD <sub>5%</sub> |
|------------------------|-------------|------|----|--------------------------|------------------------|-------------|-------------|----|--------------------------|------------------------|-------------|-------------|----|--------------------------|
| 0–5                    | 1,54        | 0,84 |    | 0,10                     | 20–25                  | <b>3,51</b> | 2,38        |    | 2,23                     | 40–45                  | <b>3,75</b> | <b>4,28</b> |    | 0,78                     |
| 5–10                   | 2,48        | 1,44 |    | 0,70                     | 25–30                  | <b>3,66</b> | 2,84        |    | 2,03                     | 45–50                  | <b>3,57</b> | <b>4,20</b> |    | 0,63                     |
| 10–15                  | 2,91        | 1,75 |    | 0,08                     | 30–35                  | <b>3,71</b> | <b>3,37</b> |    | 1,31                     | 50–55                  | <b>3,17</b> | <b>4,22</b> |    | 2,25                     |
| 15–20                  | <b>3,30</b> | 1,96 |    | 1,19                     | 35–40                  | <b>3,76</b> | <b>4,25</b> |    | 1,50                     | 55–60                  | <b>3,31</b> | <b>4,49</b> |    | 2,77                     |

|                 | E1                | E2 |                 | E1                | E2 |                 | E1                | E2 |                 | E1                | E2 |
|-----------------|-------------------|----|-----------------|-------------------|----|-----------------|-------------------|----|-----------------|-------------------|----|
| <b>0–5 cm</b>   | <b>SZD = 0,10</b> |    | <b>5–10 cm</b>  | <b>SZD = 0,70</b> |    | <b>10–15 cm</b> | <b>SZD = 0,08</b> |    | <b>15–20 cm</b> | <b>SZD = 1,19</b> |    |
| E2              | 0,70*             |    | E2              | 1,04*             |    | E2              | 1,15*             |    | E2              | 1,34*             |    |
| E3              |                   |    | E3              |                   |    | E3              |                   |    | E3              |                   |    |
| <b>20–25 cm</b> | <b>SZD = 2,73</b> |    | <b>25–30 cm</b> | <b>SZD = 2,03</b> |    | <b>30–35 cm</b> | <b>SZD = 1,31</b> |    | <b>35–40 cm</b> | <b>SZD = 1,50</b> |    |
| E2              | 1,13              |    | E2              | 0,82              |    | E2              | 0,34              |    | E2              | 0,49              |    |
| E3              |                   |    | E3              |                   |    | E3              |                   |    | E3              |                   |    |
| <b>40–45 cm</b> | <b>SZD = 0,78</b> |    | <b>45–50 cm</b> | <b>SZD = 0,63</b> |    | <b>50–55 cm</b> | <b>SZD = 2,25</b> |    | <b>55–60 cm</b> | <b>SZD = 2,77</b> |    |
| E2              | 0,53              |    | E2              | 0,63              |    | E2              | 1,05              |    | E2              | 1,17              |    |
| E3              |                   |    | E3              |                   |    | E3              |                   |    | E3              |                   |    |

Jelmagyarázat: lásd 4. ábra, ill. 1. táblázat

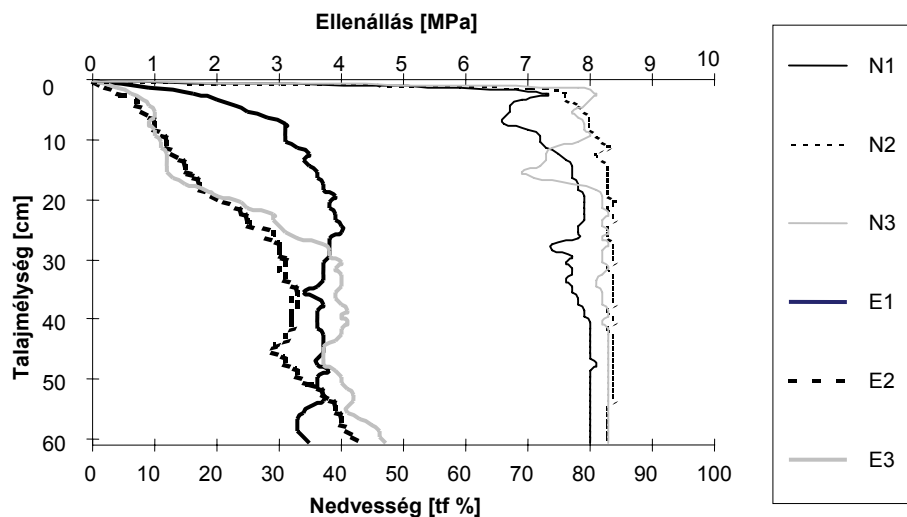
kánsak. A különbségek még nagyobbak lennének ha figyelembe vennénk a talajnedvesség értékek talajellenállásra gyakorolt hatását.

A réti (agyag fizikai féleségű) agyagtalajon a vegetációs időszak közepén mért talajellenállás és -nedvesség értékeket az 5. ábrán, a talajellenállás értékek összehasonlítására vonatkozó szignifikancia eredményeket az 5. táblázatban mutatjuk be.

A művelés nélküli terület talajellenállása – a mélység függvényében – 7 cm-ig meredekebben emelkedik, mint a tenyészidőszak elején felvett görbénél. Ezt követően 25 cm-ig enyhén emelkednek a talajellenállás értékek (4,0 MPa-ig 78 tf %-os nedvességnél). A talaj mélyebb rétegei felé haladva az értékek közel állandóak, illetve kismértékű csökkenés tapasztalható.

A művelt, növényrel fedett, illetve növényrel nem fedett területek talajellenállás értékei közel azonosak 17 cm talajmélységig, ezt követően a növényrel fedett terület talajellenállása nagyobb. A legnagyobb különbséget (1,0 MPa) 40 cm-nél regisztráltuk. Statisztikailag igazolható különbségek nem mutathatók ki.

A művelt területek talajellenállás értékeit összehasonlítva a nem művelt területekével megállapítható, hogy 27 cm mélységig a művelés alatt lévő területek talajellenállásai lényegesen kisebbek. A legnagyobb eltérés (2,3 MPa) a 10–15 cm-es mélységnél figyelhető meg. 55 cm alatt mind a két művelt terület talajellenállása meghaladja a nem művelt területét. A leírt különbségek a felső 25 cm-es talajrétegben szignifikánsnak tekinthetők.



5. ábra

A vegetációs időszak közepén mért talajellenállás és -nedvesség értékek réti agyagtalajon. Jelmagyarázat: lásd 4. ábra

5. táblázat

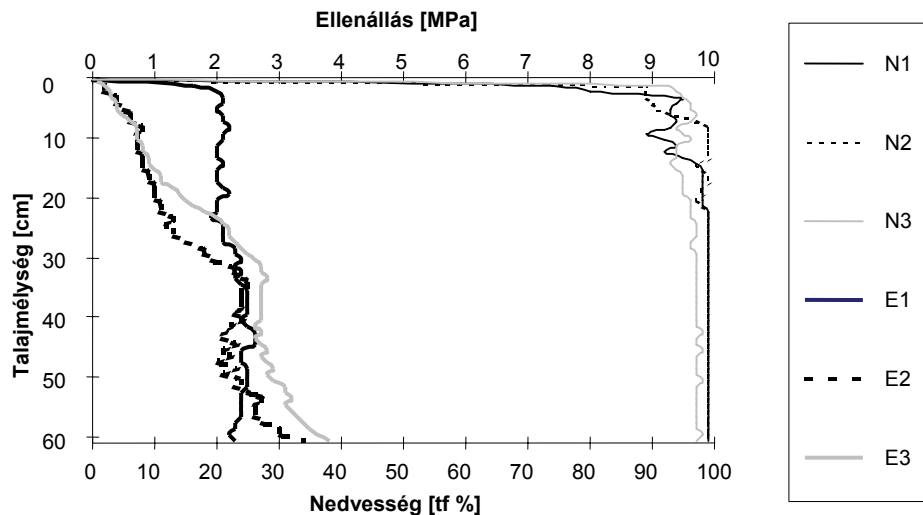
Különböző vizsgálati körülmények között mért talajellenállás értékek összehasonlításának szignifikancia eredménytáblázata a vegetációs időszak közepén réti agyagtalaj esetén

| (1)<br>Mélység<br>[cm] | E1          | E2   | E3   | (2)<br>SzD <sub>5%</sub> | (1)<br>Mélység<br>[cm] | E1          | E2          | E3          | (2)<br>SzD <sub>5%</sub> | (1)<br>Mélység<br>[cm] | E1          | E2          | E3          | (2)<br>SzD <sub>5%</sub> |
|------------------------|-------------|------|------|--------------------------|------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|------------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------|
| 0–5                    | 1,88        | 0,56 | 0,75 | 0,26                     | 20–25                  | <b>3,90</b> | 2,51        | 2,89        | 1,37                     | 40–45                  | <b>3,69</b> | <b>3,03</b> | <b>3,87</b> | 1,37                     |
| 5–10                   | <b>3,05</b> | 1,03 | 1,01 | 0,49                     | 25–30                  | <b>3,75</b> | 2,97        | <b>3,74</b> | 1,51                     | 45–50                  | <b>3,65</b> | <b>3,23</b> | <b>3,87</b> | 1,39                     |
| 10–15                  | <b>3,45</b> | 1,40 | 1,18 | 0,97                     | 30–35                  | <b>3,62</b> | <b>3,16</b> | <b>3,95</b> | 0,81                     | 50–55                  | <b>3,59</b> | <b>3,78</b> | <b>4,15</b> | 1,40                     |
| 15–20                  | <b>3,75</b> | 1,81 | 1,80 | 1,03                     | 35–40                  | <b>3,63</b> | <b>3,20</b> | <b>4,03</b> | 0,84                     | 55–60                  | <b>3,38</b> | <b>4,15</b> | <b>4,53</b> | 1,43                     |

|                 | E1                | E2   |                 | E1                | E2   |                 | E1                | E2   |                 | E1                | E2   |
|-----------------|-------------------|------|-----------------|-------------------|------|-----------------|-------------------|------|-----------------|-------------------|------|
| <b>0–5 cm</b>   | <b>SZD = 0,26</b> |      | <b>5–10 cm</b>  | <b>SZD = 0,49</b> |      | <b>10–15 cm</b> | <b>SZD = 0,97</b> |      | <b>15–20 cm</b> | <b>SZD = 1,03</b> |      |
| E2              | 1,32*             |      | E2              | 2,01*             |      | E2              | 2,05*             |      | E2              | 1,95*             |      |
| E3              | 1,13*             | 0,19 | E3              | 2,03*             | 0,02 | E3              | 2,27*             | 0,22 | E3              | 1,95*             | 0,01 |
| <b>20–25 cm</b> | <b>SZD = 1,37</b> |      | <b>25–30 cm</b> | <b>SZD = 1,51</b> |      | <b>30–35 cm</b> | <b>SZD = 0,81</b> |      | <b>35–40 cm</b> | <b>SZD = 0,84</b> |      |
| E2              | 1,39*             |      | E2              | 0,79              |      | E2              | 0,46              |      | E2              | 0,43              |      |
| E3              | 1,01              | 0,39 | E3              | 0,01              | 0,77 | E3              | 0,33              | 0,79 | E3              | 0,41              | 0,83 |
| <b>40–45 cm</b> | <b>SZD = 1,37</b> |      | <b>45–50 cm</b> | <b>SZD = 1,39</b> |      | <b>50–55 cm</b> | <b>SZD = 1,40</b> |      | <b>55–60 cm</b> | <b>SZD = 1,43</b> |      |
| E2              | 0,65              |      | E2              | 0,42              |      | E2              | 0,19              |      | E2              | 0,77              |      |
| E3              | 0,19              | 0,84 | E3              | 0,22              | 0,64 | E3              | 0,56              | 0,37 | E3              | 1,15              | 0,39 |

Jelmagyarázat: lásd 4. ábra, ill. 1. táblázat

A felső 5 cm-es talajréteg kivételével a művelt, növényvel fedett területek talajnedvesség értéke valamelyest kisebb, mint a növényvel nem fedett területé.



6. ábra

A vegetációs időszak végén mért talajellenállás és -nedvesség értékek réti agyagtalajon.  
Jelmagyarázat: lásd 4. ábra

A vegetációs időszak végén réti agyagtalajon mért talajellenállás és -nedvesség értékeket a 6. ábrán, a talajellenállás értékek közötti összehasonlítás szignifikancia eredményeit a 6. táblázatban adjuk meg.

A művelés nélküli terület talajellenállás értékei nagyon meredeken emelkednek, már 3 cm talajmélységben 2,2 MPa-t érve el. Ezt követően – kisebb ingadozásokkal – értéke közel állandó.

A művelt, növényvel fedett, illetve növényvel nem fedett területek 14 cm talajmélységig közel azonos talajellenállás értékeket adnak, ezt követően a növényvel fedett terület értékei nagyobbak. A legnagyobb eltérést (1,0 MPa) 25 cm-nél észleltük. Szignifikáns különbségek a 20–30 cm, valamint a 40–60 cm talajmélységben mutathatók ki.

A művelt, növényvel fedett terület talajellenállás értékeit összevetve a nem művelt területével látható, hogy 23 cm talajmélységig a művelt, növényvel fedett terület talajellenállása lényegesen kisebb. A legnagyobb eltérés (1,8 MPa) a 3 cm-es talajmélységnél van. A 25 cm-es talajmélység után kezdetben csak kismértékben, később egyre nagyobb a művelt, növényvel fedett terület talajellenállása. A legnagyobb eltérést 60 cm-nél találtuk (1,6 MPa). Szignifikáns különbségek 0–20 cm, ill. 50–60 cm között mutathatók ki.

A művelt, növényvel nem fedett terület talajellenállását összehasonlítva a nem művelt területével megállapítható, hogy 31 cm talajmélységig a művelt, növényvel nem fedett terület talajellenállása lényegesen kisebb. Ezt követően 52 cm-ig közel azonosak, majd 52 cm után a művelt, növényvel nem fedett terület

6. táblázat

Különböző vizsgálati körülmények között mért talajellenállás értékek összehasonlításának szignifikancia eredménytáblázata a vegetációs időszak végén réti agyagtalaj esetén

| (1)<br>Mélység<br>[cm] | E1   | E2   | E3   | (2)<br>SzD <sub>5%</sub> | (1)<br>Mélység<br>[cm] | E1   | E2   | E3   | (2)<br>SzD <sub>5%</sub> | (1)<br>Mélység<br>[cm] | E1   | E2   | E3   | (2)<br>SzD <sub>5%</sub> |
|------------------------|------|------|------|--------------------------|------------------------|------|------|------|--------------------------|------------------------|------|------|------|--------------------------|
| 0–5                    | 1,99 | 0,34 | 0,33 | 0,58                     | 20–25                  | 2,02 | 1,19 | 1,94 | 0,44                     | 40–45                  | 2,53 | 2,17 | 2,68 | 0,30                     |
| 5–10                   | 2,12 | 0,67 | 0,63 | 0,56                     | 25–30                  | 2,24 | 1,65 | 2,40 | 0,46                     | 45–50                  | 2,47 | 2,23 | 2,82 | 0,38                     |
| 10–15                  | 2,03 | 0,74 | 0,89 | 0,54                     | 30–35                  | 2,39 | 2,35 | 2,70 | 0,67                     | 50–55                  | 2,40 | 2,55 | 3,13 | 0,33                     |
| 15–20                  | 2,07 | 0,96 | 1,26 | 0,56                     | 35–40                  | 2,46 | 2,37 | 2,72 | 0,40                     | 55–60                  | 2,31 | 2,93 | 3,51 | 0,50                     |

|          | E1         | E2    |          | E1         | E2    |          | E1         | E2    |          | E1         | E2    |
|----------|------------|-------|----------|------------|-------|----------|------------|-------|----------|------------|-------|
| 0–5 cm   | SZD = 0,58 |       | 5–10 cm  | SZD = 0,56 |       | 10–15 cm | SZD = 0,54 |       | 15–20 cm | SZD = 0,56 |       |
| E2       | 1,65*      |       | E2       | 1,45*      |       | E2       | 1,29*      |       | E2       | 1,11*      |       |
| E3       | 1,66*      | 0,01  | E3       | 1,49*      | 0,04  | E3       | 1,15*      | 0,15  | E3       | 0,81*      | 0,30  |
| 20–25 cm | SZD = 0,44 |       | 25–30 cm | SZD = 0,46 |       | 30–35 cm | SZD = 0,67 |       | 35–40 cm | SZD = 0,40 |       |
| E2       | 0,83*      |       | E2       | 0,59*      |       | E2       | 0,04       |       | E2       | 0,09       |       |
| E3       | 0,08       | 0,75* | E3       | 0,16       | 0,75* | E3       | 0,31       | 0,35  | E3       | 0,26       | 0,35  |
| 40–45 cm | SZD = 0,30 |       | 45–50 cm | SZD = 0,38 |       | 50–55 cm | SZD = 0,33 |       | 55–60 cm | SZD = 0,50 |       |
| E2       | 0,36*      |       | E2       | 0,24       |       | E2       | 0,15       |       | E2       | 0,62*      |       |
| E3       | 0,15       | 0,51* | E3       | 0,35       | 0,59* | E3       | 0,73*      | 0,59* | E3       | 1,20*      | 0,58* |

Jelmagyarázat: lásd 4. ábra, ill. 1. táblázat

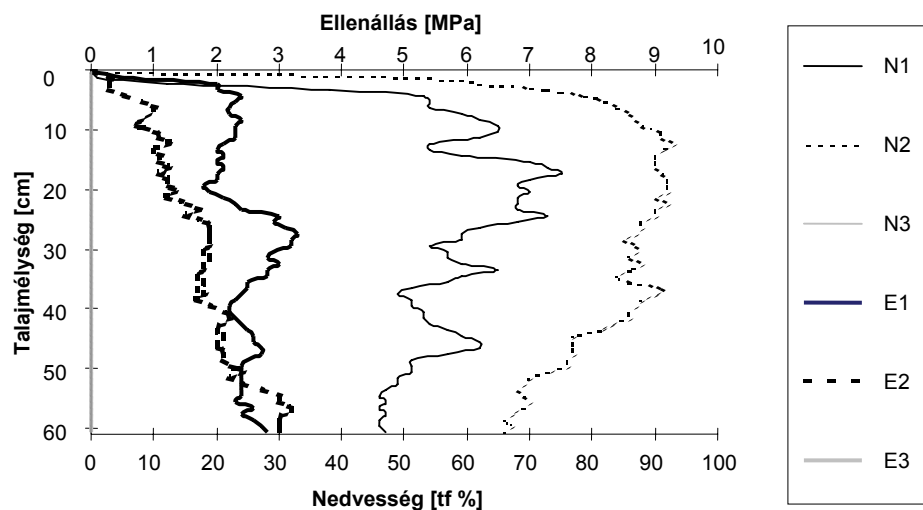
talajellenállása nagyobb, mint a nem művelté. 60 cm talajmélységnél az eltérés 1,4 MPa. Statisztikailag igazolható különbségek 0–30 cm között találhatók.

A felső 6 cm-es talajréteg kivételével a művelt területek közül a növényvel fedett területek talajnedvesség értékei egy kicsivel kisebbek, mint a növényvel nem fedetté. Szignifikáns különbségeket a 0–20 cm, valamint az 50–60 cm-es talajmélységekben kaptunk.

Összességében a talajnedvesség értékek között nincsenek nagy különbségek, így a talajellenállás értékek összehasonlítását nem befolyásolják.

A 7. ábrán láthatóak a humuszos (homok fizikai féleségű) homoktalajon a vegetációs időszak elején mért talajellenállás és -nedvesség értékei. A művelt és nem művelt talajok talajellenállás értékei közötti összehasonlítás szignifikancia eredményeit a 7. táblázat mutatja.

A művelés nélküli terület talajellenállás görbéje nagyon meredeken emelkedik, már 4 cm talajmélységnél 2,4 MPa-t ér el. Ezt követően 20 cm-ig enyhe csökkenés, 20–40 cm között egy meredekebb emelkedés, majd csökkenés tapasztalható. A legnagyobb talajellenállást 27 cm-es talajmélységnél mértük (3,4 MPa-t 54 tf % nedvességtartalom mellett). 40 cm alatt a talajellenállás értékek – kisebb hullámzások mellett – enyhén nőnek. A 20 és 40 cm talajmélységnél észlelt erős kipúposodás a tenyészidőszak későbbi szakaszaiban nem jelentkezett. Így ezt az adott mérési ponton adódó sajátosságnak értékeljük, mely összefügghet a nedvességgörbén jelentkező nedvességcsökkenéssel is.



7. ábra

A talajellenállás és -nedvesség mért értékei a vegetációs időszak elején humuszos homoktalajon. Jelmagyarázat: lásd 4. ábra

7. táblázat

Különböző vizsgálati körülmények között mért talajellenállás értékek összehasonlításának szignifikancia eredménytáblázata a vegetációs időszak elején humuszos homoktalaj esetén

| (1)<br>Mélység<br>[cm] | E1   | E2   | E3 | (2)<br>SzD <sub>5%</sub> | (1)<br>Mélység<br>[cm] | E1          | E2   | E3 | (2)<br>SzD <sub>5%</sub> | (1)<br>Mélység<br>[cm] | E1   | E2          | E3 | (2)<br>SzD <sub>5%</sub> |
|------------------------|------|------|----|--------------------------|------------------------|-------------|------|----|--------------------------|------------------------|------|-------------|----|--------------------------|
| 0–5                    | 1,85 | 0,44 |    | 0,79                     | 20–25                  | 2,55        | 1,54 |    | 0,58                     | 40–45                  | 2,49 | 2,08        |    | 1,23                     |
| 5–10                   | 2,29 | 0,88 |    | 1,01                     | 25–30                  | <b>3,15</b> | 1,88 |    | 1,57                     | 45–50                  | 2,55 | 2,16        |    | 1,53                     |
| 10–15                  | 2,11 | 1,10 |    | 0,89                     | 30–35                  | 2,79        | 1,80 |    | 1,04                     | 50–55                  | 2,39 | 2,66        |    | 1,29                     |
| 15–20                  | 1,98 | 1,20 |    | 1,02                     | 35–40                  | 2,34        | 1,84 |    | 0,26                     | 55–60                  | 2,63 | <b>3,06</b> |    | 2,21                     |

|                 | E1                | E2 |                 | E1                | E2 |                 | E1                | E2 |                 | E1                | E2 |
|-----------------|-------------------|----|-----------------|-------------------|----|-----------------|-------------------|----|-----------------|-------------------|----|
| <b>0–5 cm</b>   | <b>SZD = 0,79</b> |    | <b>5–10 cm</b>  | <b>SZD = 1,01</b> |    | <b>10–15 cm</b> | <b>SZD = 0,89</b> |    | <b>15–20 cm</b> | <b>SZD = 1,02</b> |    |
| E2              | 1,41*             |    | E2              | 1,41*             |    | E2              | 1,01*             |    | E2              | 0,78              |    |
| E3              |                   |    | E3              |                   |    | E3              |                   |    | E3              |                   |    |
| <b>20–25 cm</b> | <b>SZD = 0,58</b> |    | <b>25–30 cm</b> | <b>SZD = 1,57</b> |    | <b>30–35 cm</b> | <b>SZD = 1,04</b> |    | <b>35–40 cm</b> | <b>SZD = 0,26</b> |    |
| E2              | 1,01*             |    | E2              | 1,27              |    | E2              | 0,99              |    | E2              | 0,50*             |    |
| E3              |                   |    | E3              |                   |    | E3              |                   |    | E3              |                   |    |
| <b>40–45 cm</b> | <b>SZD = 1,23</b> |    | <b>45–50 cm</b> | <b>SZD = 1,53</b> |    | <b>50–55 cm</b> | <b>SZD = 1,29</b> |    | <b>55–60 cm</b> | <b>SZD = 2,21</b> |    |
| E2              | 0,41              |    | E2              | 0,39              |    | E2              | 0,27              |    | E2              | 0,43              |    |
| E3              |                   |    | E3              |                   |    | E3              |                   |    | E3              |                   |    |

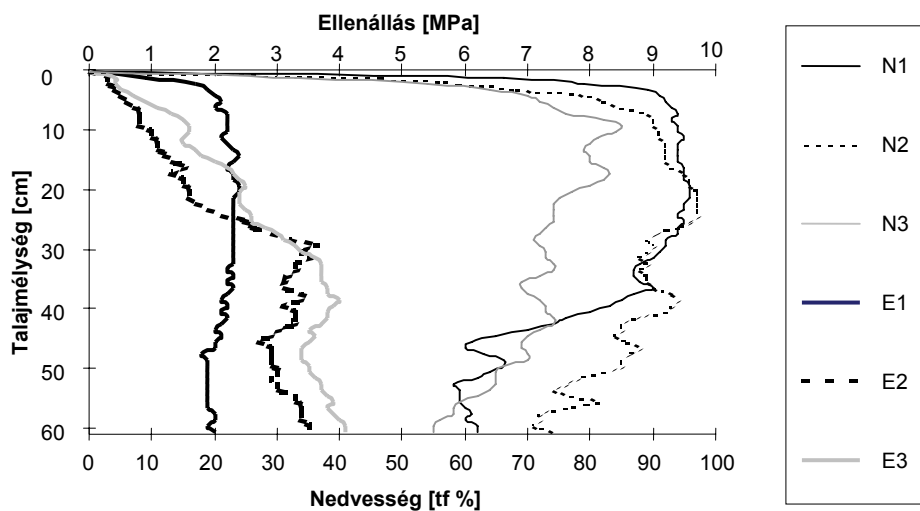
Jelmagyarázat: lásd 4. ábra, ill. 1. táblázat

A művelt, növényvel nem fedett terület talajellenállás értékei kevésbé meredeken emelkednek: 40 cm talajmélységnél éri el először a nem művelt terület talajellenállás értékét, majd 52 cm után meghaladja azt. Szignifikáns különbségek 0–15 cm, 20–25 cm, ill. 35–40 cm között mutathatók ki.

A humuszos (homok fizikai féleségű) homoktalajon a vegetációs időszak közepén mért talajellenállás és -nedvesség értékeket a 8. ábrán, a különböző vizsgálati körülmények között mért talajellenállás értékek összehasonlítására vonatkozó szignifikancia eredményeket a 8. táblázatban tüntettük fel.

A művelés nélküli terület talajellenállás értékei a talajfelszín közelében meredeken emelkednek. A maximális értéket 14 cm talajmélységnél éri el (2,4 MPa-t 94 tf %-os nedvességi értéknél). A talaj mélyebb rétegei felé haladva az értékek – kis ingadozások mellett – nagyon enyhén csökkennek.

A művelt, növényvel fedett, illetve növényvel nem fedett területek talajellenállás görbéi hasonló tendenciát mutatnak. A növényvel fedett területek talajellenállás értékei – a 0–3 cm, ill. 26–30 cm talajmélység kivételével – nagyobbak, mint a növényvel nem fedett területeké. A legnagyobb különbséget (1,2 MPa) 18 cm-nél figyelhetjük meg. A különbségek 5–25 cm között statisztikailag igazolhatónak tekinthetők. A növényvel fedett területek talajnedvesség értékei 15 cm talajmélység után egyértelműen kisebbek, mint a növényvel nem fedett területeké, ezzel együtt a talajellenállás értékek nagyobbak. A talajellenállás görbék 25 cm-es mélység utáni hirtelen emelkedése, illetve kipúposodása enyhe eketalpbetegségekre utalnak.



8. ábra

A talajellenállás és -nedvesség mért értékei a vegetációs időszak közepén humuszos homoktalajon. Jelmagyarázat: lásd 4. ábra

8. táblázat

Különböző vizsgálati körülmények között mért talajellenállás értékek összehasonlításának szignifikancia eredménytáblázata a vegetációs időszak közepén humuszos homoktalaj esetén

| (1)<br>Mélység<br>[cm] | E1   | E2   | E3   | (2)<br>SzD <sub>5%</sub> | (1)<br>Mélység<br>[cm] | E1   | E2          | E3          | (2)<br>SzD <sub>5%</sub> | (1)<br>Mélység<br>[cm] | E1   | E2          | E3          | (2)<br>SzD <sub>5%</sub> |
|------------------------|------|------|------|--------------------------|------------------------|------|-------------|-------------|--------------------------|------------------------|------|-------------|-------------|--------------------------|
| 0–5                    | 1,71 | 0,42 | 0,60 | 0,55                     | 20–25                  | 2,29 | 1,95        | 2,52        | 0,47                     | 40–45                  | 2,05 | <b>3,05</b> | <b>3,62</b> | 1,56                     |
| 5–10                   | 2,15 | 0,82 | 1,45 | 0,48                     | 25–30                  | 2,30 | <b>3,16</b> | <b>3,15</b> | 0,67                     | 45–50                  | 1,88 | 2,90        | <b>3,43</b> | 1,07                     |
| 10–15                  | 2,25 | 1,14 | 1,72 | 0,16                     | 30–35                  | 2,25 | <b>3,27</b> | <b>3,67</b> | 0,74                     | 50–55                  | 1,91 | <b>3,10</b> | <b>3,73</b> | 0,94                     |
| 15–20                  | 2,33 | 1,48 | 2,38 | 0,52                     | 35–40                  | 2,17 | <b>3,26</b> | <b>3,85</b> | 1,19                     | 55–60                  | 1,97 | <b>3,45</b> | <b>3,98</b> | 1,17                     |

|                 | E1                | E2    |                 | E1                | E2    |                 | E1                | E2    |                 | E1                | E2    |
|-----------------|-------------------|-------|-----------------|-------------------|-------|-----------------|-------------------|-------|-----------------|-------------------|-------|
| <b>0–5 cm</b>   | <b>SZD = 0,55</b> |       | <b>5–10 cm</b>  | <b>SZD = 0,48</b> |       | <b>10–15 cm</b> | <b>SZD = 0,16</b> |       | <b>15–20 cm</b> | <b>SZD = 0,52</b> |       |
| E2              | 1,29*             |       | E2              | 1,33*             |       | E2              | 1,11*             |       | E2              | 0,85*             |       |
| E3              | 1,11*             | 0,18  | E3              | 0,71*             | 0,63* | E3              | 0,53*             | 0,58* | E3              | 0,05              | 0,90* |
| <b>20–25 cm</b> | <b>SZD = 0,47</b> |       | <b>25–30 cm</b> | <b>SZD = 0,67</b> |       | <b>30–35 cm</b> | <b>SZD = 0,74</b> |       | <b>35–40 cm</b> | <b>SZD = 1,19</b> |       |
| E2              | 0,34              |       | E2              | 0,86*             |       | E2              | 1,02*             |       | E2              | 1,09              |       |
| E3              | 0,23              | 0,57* | E3              | 0,85*             | 0,01  | E3              | 1,41*             | 0,39  | E3              | 1,68*             | 0,59  |
| <b>40–45 cm</b> | <b>SZD = 1,56</b> |       | <b>45–50 cm</b> | <b>SZD = 1,07</b> |       | <b>50–55 cm</b> | <b>SZD = 0,94</b> |       | <b>55–60 cm</b> | <b>SZD = 1,17</b> |       |
| E2              | 1,00              |       | E2              | 1,02              |       | E2              | 1,19*             |       | E2              | 1,47*             |       |
| E3              | 1,57*             | 0,57  | E3              | 1,55*             | 0,53  | E3              | 1,83*             | 0,63  | E3              | 2,01*             | 0,53  |

Jelmagyarázat: lásd 4. ábra, ill. 1. táblázat

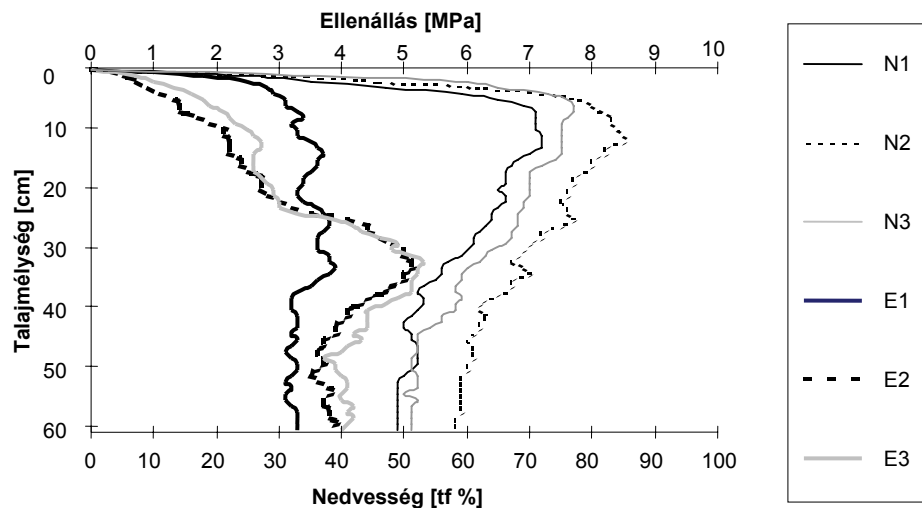
A művelt területek talajellenállásai 17, illetve 24 cm talajmélységig kisebbek a nem művelt terület talajellenállásánál, majd ezt követően lényegesen magasabbak. A legnagyobb különbség (2,0 MPa) a 32 és 60 cm-es mélységnél fordul elő. A különbségek – a talajellenállás görbék keresztezésének kivételeivel – a teljes vizsgálati mélységtartományban szignifikánsnak tekinthetők.

A humuszos homoktalajon (fizikai féleségét tekintve homok) a vegetációs időszak végén mért talajellenállás és -nedvesség értékeket a 9. ábra, a különböző vizsgálati körülmények között mért talajellenállás értékek összehasonlítására vonatkozó szignifikancia eredményeket a 9. táblázat szemlélteti.

A művelés nélküli terület talajellenállása értékei – a talajmélység függvényében – meredeken emelkednek 5 cm-ig. Ezt követően – kisebb hullámzásokkal – enyhe emelkedés tapasztalható 33 cm talajmélységig; 37 cm-ig az értékek csökkennek, majd közel állandó szinten maradnak. A művelt, növényvel fedett, illetve nem fedett területek talajellenállás görbéi hasonló tendenciát mutatnak. A növényvel fedett és nem fedett területek 17–38 cm talajmélységre vonatkozó talajellenállás görbéi szinte együtt futnak. A többi talajmélységben a növényvel fedett területek talajellenállás értékei kicsit nagyobbak, mint a növényvel nem fedett területeké. Szignifikáns különbségek 0–10 cm között fordulnak elő. A 23 cm mélységnél jelentkező hirtelen ellenállás-növekedés eketalp-jelenségre utal.

A művelt területek talajellenállásai 25 cm-es talajmélységig kisebbek, majd ezt követően nagyobbak a nem művelt terület talajellenállásánál. A legnagyobb különbség (2,0 MPa) 7 cm-nél jelentkezik. Statisztikailag igazolható eltérések 0–20 cm talajmélység között tapasztalhatóak.





9. ábra

A talajellenállás és -nedvesség mért értékei a vegetációs időszak végén humuszos homoktalajon. Jelmagyarázat: lásd 4. ábra

9. táblázat

Különböző vizsgálati körülmények között mért talajellenállás értékek összehasonlításának szignifikancia eredménytáblázata a vegetációs időszak végén humuszos homoktalaj esetén

| (1)<br>Mélység<br>[cm] | E1   | E2   | E3   | (2)<br>SzD <sub>5%</sub> | (1)<br>Mélység<br>[cm] | E1   | E2   | E3   | (2)<br>SzD <sub>5%</sub> | (1)<br>Mélység<br>[cm] | E1   | E2   | E3   | (2)<br>SzD <sub>5%</sub> |
|------------------------|------|------|------|--------------------------|------------------------|------|------|------|--------------------------|------------------------|------|------|------|--------------------------|
| 0–5                    | 2,61 | 0,89 | 1,29 | 0,33                     | 20–25                  | 3,54 | 3,32 | 3,22 | 0,84                     | 40–45                  | 3,30 | 3,93 | 4,34 | 1,10                     |
| 5–10                   | 3,27 | 1,71 | 2,19 | 0,27                     | 25–30                  | 3,67 | 4,62 | 4,57 | 1,44                     | 45–50                  | 3,21 | 3,63 | 3,91 | 1,20                     |
| 10–15                  | 3,52 | 2,22 | 2,65 | 0,44                     | 30–35                  | 3,78 | 5,03 | 5,18 | 2,15                     | 50–55                  | 3,15 | 3,68 | 4,04 | 1,07                     |
| 15–20                  | 3,45 | 2,61 | 2,73 | 0,59                     | 35–40                  | 3,29 | 4,49 | 4,84 | 1,38                     | 55–60                  | 3,29 | 3,79 | 4,13 | 1,49                     |

|          | E1         | E2    |          | E1         | E2    |          | E1         | E2   |          | E1         | E2   |
|----------|------------|-------|----------|------------|-------|----------|------------|------|----------|------------|------|
| 0–5 cm   | SZD = 0,33 |       | 5–10 cm  | SZD = 0,27 |       | 10–15 cm | SZD = 0,44 |      | 15–20 cm | SZD = 0,59 |      |
| E2       | 1,71*      |       | E2       | 1,56*      |       | E2       | 1,30*      |      | E2       | 0,84*      |      |
| E3       | 1,31*      | 0,40* | E3       | 1,08*      | 0,48* | E3       | 0,87*      | 0,43 | E3       | 0,72*      | 0,12 |
| 20–25 cm | SZD = 0,84 |       | 25–30 cm | SZD = 1,44 |       | 30–35 cm | SZD = 2,15 |      | 35–40 cm | SZD = 1,38 |      |
| E2       | 0,22       |       | E2       | 0,96       |       | E2       | 1,25       |      | E2       | 1,20       |      |
| E3       | 0,32       | 0,10  | E3       | 0,90       | 0,05  | E3       | 1,40       | 0,16 | E3       | 1,56*      | 0,35 |
| 40–45 cm | SZD = 1,10 |       | 45–50 cm | SZD = 1,20 |       | 50–55 cm | SZD = 1,07 |      | 55–60 cm | SZD = 1,49 |      |
| E2       | 0,63       |       | E2       | 0,42       |       | E2       | 0,53       |      | E2       | 0,50       |      |
| E3       | 1,04       | 0,41  | E3       | 0,70       | 0,28  | E3       | 0,89       | 0,36 | E3       | 0,85       | 0,35 |

Jelmagyarázat: lásd 4. ábra, ill. 1. táblázat

A talajnedvesség értékek változása mind a három esetben hasonló tendenciát mutat.

### Következtetések

Összehasonlítva a művelés alatti területeket a művelés nélküli területekkel – mindhárom vizsgált talajtípusnál – azt tapasztaltuk, hogy a talajművelés hatására a művelt területek talajellenállás értékei (a művelés mélységéig) lényegesen kisebbek a művelés nélküli területeken mért értékeknél. Ezek a különbségek szinte kivétel nélkül szignifikánsak. Általánosságban elmondható, hogy a különbségek a tenyészidőszak vége felé csökkennek. A művelés mélysége utáni hirtelen talajellenállás-növekedés, illetve a talajellenállás görbék kipúposodása mindegyik vizsgált talajnál kisebb-nagyobb mértékben a tenyészidőszak bizonyos időszakaiban megfigyelhető, mely különböző mértékű eketalpbetegségre utal. A réti csernozjom talajnál a vizsgálatokat megelőző évben végzett altalaj-lazítás a kialakult eketalp réteget megszüntető, illetve mérséklő hatása egyértelműen kimutatható. A különbségek a lazítóval kezelt, illetve nem kezelt területek közötti összehasonlításban a 25–45 cm mélységtartományban statisztikailag egyértelműen igazolhatók. A szántás mélységéig a különbségek kicsik és csak egy esetben adódott szignifikánsnak. A lazítóval kezelt, illetve nem kezelt talajnál a legnagyobb különbséget (2,2 MPa) júliusban figyeltük meg, de itt a talajnedvesség értékek között is nagy volt a különbség (16 tf %). Októberben – közel azonos nedvességi szint mellett – a legnagyobb különbség 1,4 MPa. Ez is bizonyítja GARDNER (1972) megállapítását, miszerint a talajellenállást leginkább befolyásoló tényező a talaj aktuális nedvességtartalma. Ezt igazolja az is, hogy a réti agyagtalajnál nagy nedvességtartalom mellett a talajellenállás kis értékeket mutat. A fentiek miatt célszerű a talajellenállás értékek mellett a talajnedvesség értéket is figyelembe venni.

EITZINGER (1991), OUWERKERK és SOANE (1994), valamint BIRKÁS (1995) szerint a talaj tömörödöttnek tekinthető ha a talajellenállás nagyobb, mint 3,0 MPa. Az 1–9. táblázatokban feltüntettük a 3,0 MPa, illetve külön a 4,0 MPa-nál nagyobb talajellenállás értékeket. Látható, hogy 4,0 MPa-nál nagyobb értéket a művelés nélküli (természetes állapotban lévő) területek sehol sem érik el, a művelt területeken viszont – a művelési mélység alatt – sokszor meghaladják azt. A 3,0 MPa-nál nagyobb értékek művelt területeknél már a művelés mélységében is jelentkeznek.

A növényvel fedett, illetve nem fedett területeket összehasonlítva – a teljes tenyészidőszakra és a vizsgált három talajra vonatkoztatva – megállapítható, hogy összességében a 0–20 cm talajmélység kivételével a talajellenállás értékek a növényvel fedett területeken kicsivel nagyobbak, ezzel együtt a talajnedvesség értékek kisebbek. Szignifikáns különbségek azonban kevés esetben fordultak elő.

GYURICZA és munkatársai (1998) művelés alatti területeken végzett mérések eredményei szerint a legnagyobb talajellenállás értékek, illetve a talajművelés hatásából adódó különbségek 40 cm, illetve e feletti talajmélységekben jelentkeznek. Méréseink is hasonló tendenciát mutatnak, azonban a művelés nélküli

területek talajjellenállás értékeit összehasonlítva a művelt területek értékeivel – a három különböző talajnál a teljes tenyészidőszakra vonatkoztatva –, a 40 cm alatti talajrétegekben is nagyobbak a művelés alatti területek talajjellenállás értékei, sok esetben a különbségek szignifikánsak is. Véleményünk szerint ez már nem a művelőeszközök talajtömörítő hatását tükrözi, hanem inkább az erőgépek, valamint a betakarítógépek gumibroncsainak talajtömörítő hatását jelenti. Ide vonatkozó méréseink szerint, a gumibroncsok tömörítő hatása – bár nem a 40 cm alatti talajmélységben a legnagyobb – 60 cm-es mérési mélységtartományunkban is még egyértelműen kimutatható volt (KISS & SZÖLLŐSI, 1999). Emiatt fontosnak tartjuk a járószerkezetek, illetve a gumibroncsok ez irányú fejlesztését, valamint a munkaműveletek célszerű összevonását, hogy minél kisebb számban történjenek mozgások a területen.

### Irodalom

- BARÁTH CS-NÉ, ITTÉS A. & UGRÓSDI GY., 1996. Biometria. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- BIRKÁS M., 1995. Energiatakarékos talajvédő és kímélő talajművelés. Egyetemi jegyzet. GATE. Gödöllő.
- BIRKÁS M. et al., 1996. A tömörödöttség kialakulása a talajokon és hatása a kukorica termesztésre és gyomosodásra. Környezet és Tájgazdálkodási Füzetek. (1) 61–72.
- BIRKÁS M. et al., 1997. Kukorica direktvetéssel tartamkísérletek eredményei barna erdőtalajon. Növénytermelés. **46**. 413–430.
- BULLA M. (Szerk.), 1994. Magyarország környezeti jövőképe. Környezet és fejlődés Társaság. Budapest.
- GARDNER, W., 1972. Soil Physics. John Wiley and Sons. Canada.
- GYURICZA CS., BARÁTH CS-NÉ & BIRKÁS M., 1998. Polinamális regresszió alkalmazása a talajjellenállás statisztikai értékeléséhez. Növénytermelés. **47**. 301–312.
- GYURICZA CS. et al., 1998. A penetrációs ellenállás vizsgálata talajművelési tartamkísérletekben gödöllői barna erdőtalajon. Növénytermelés. **47**. 199–212.
- EITZINGER J., 1991. Einflüsse unterschiedlicher Primärbodenbearbeitungs systeme auf ausgewählte bodenphysikalische Eigenschaften. Dissertation. Univ. Bodenkultur Wien.
- JÓRI I., 1990. Középmélylazítók műszaki, munkaminőségi és energetikai összefüggései. Kandidátusi értekezés. Gödöllő.
- KISS ZS. P. & SZÖLLŐSI I., 1999. Mezőgazdasági gumibroncsok statikus és dinamikus vizsgálata. Szabolcs–Szatmár–Bereg Megyei Tudományos Közalapítvány füzetek II. Nyíregyháza. 100–102.
- MADAS A., 1985. Ésszerű környezetgazdálkodás a mezőgazdaságban. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó. Budapest.
- OUWERKERK C. VAN & SOANE B. D., 1994. Soil compaction problems in world agriculture In: Soil Compaction in Crop Production. 1–21. Elsevier Science B. V. Amsterdam.
- SCHMIDT R. et al., 1998. A talajok tömörödöttségének vizsgálata művelő utas cukorrépa-termesztési technológia alkalmazása esetén. Cukorrépa. (1) 8–14.

- SINÓROS-SZABÓ B. & SZÖLLŐSI I., 1999. A 3T SYSTEM alkalmazása és gyakorlati jelentősége. Gyakorlati Agroforum. **X.** (7) 15–17.
- SOMMER, C., 1990. Konservierende Bodenbearbeitung – ein Baustein integrierter Landbewirtschaftung. Mitt. D. Österr. Bodenkundlichen Ges. **42.** 71–83.
- STEFANOVITS P., 1994. Talajtan. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- SZABÓ I. M., 1986. A mikroorganizmusok aktivitásának szabályozása. Talajművelési eljárások, trágyázási és növénytermesztési rendszerek célszerű kombinációjával. In: Az általános talajtan biológiai alapjai. 325–355. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- SZÖLLŐSI, I., 1997. Cultivation energetics investigation in Different types of soil. Proc. International Multidisciplinary Conference. Baia Mare, 1997. 7–9.
- TAYLOR, H. M., 1987. Soil structure and plant performance. Trans. XIII. Congr. ISSS, Hamburg, 1987. **V.** 301–309.
- VÁRALLYAY GY., 1996.: Magyarország talajainak érzékenysége szerkezetromlásra és tömörödéssre. Környezet és Tájgazdálkodási Füzetek. II/1. 15–30.

*Érkezett: 2001. június 7.*

### **Changes in Penetration Resistance on Various Soils in the Course of the Vegetation Period**

I. SZÖLLŐSI, Z. P. KISS, Z. KOVÁCS and T. CZIRJÁK

Faculty of Technology and Agriculture, College of Nyíregyháza, Nyíregyháza

#### **Summary**

Soil compaction is one of the most important degradation processes that occur in soil. In the present work uncultivated soil (under natural conditions) and cultivated areas were compared to obtain a better knowledge of soil compaction. The measurements were carried out on humous sandy, meadow chernozem and meadow clay soils. The aims of the experiments were: to examine soil resistance and soil compactness during the cultivation period.; to make a comparative analysis of cultivated and uncultivated areas, areas subjected to ploughing or ploughing and disking, and planted and unplanted areas. The 3T SYSTEM was used to measure soil resistance to penetration. Single factor variance analysis was applied to verify the comparisons statistically. The following conclusions could be drawn from the data:

For all three soil types, soil resistance was found to be considerably less in the cultivated soil layer than in the uncultivated plots. The differences were significant in almost all cases. In general, the differences diminished towards the end of the cultivation period. When the soil below the cultivation depth was tested, soil resistance was found to rise suddenly to a greater or lesser extent at some stage in the cultivation period on all the soils due to the compaction caused by the plough. In the case of meadow chernozem, subsoil cultivation in the previous year reduced or eliminated this compaction. Differences between areas given subsoil cultivation and those without were significant at 25–45 cm depth. Down to the ploughing depth the differences were small and were only significant in one case.

According to the literature a soil can be considered to be compacted when the resistance value exceeds 3.0 MPa and strongly compacted at 4.0 Mpa. Values greater than 4.0 MPa were never found for uncultivated areas. On cultivated land, however, this value was often exceeded in soil layers beneath the cultivation depth. Values higher than 3.0 MPa were found even in the cultivated layer.

Soil resistance values were found to be slightly higher in planted than in unplanted plots throughout the vegetation period on all three soils except in the 0–20 cm layer, while the soil moisture values were lower. Significant differences were rarely found.

According to the literature the highest soil resistance values and greatest differences resulted by soil cultivation appear at 40 cm depth or more. However, comparing soil resistance values of cultivated and uncultivated plots, the figures were higher for all three soil types in the case of cultivated fields even at depths below 40 cm. In many cases the differences were significant. It would appear that this is not the effect of the plough, but is rather caused by tractor and combine tyres. Although measurements show that the highest compaction values caused by tyres were not recorded below 40 cm depth, this effect could still be demonstrated at 60 cm. It is therefore important to develop new types of vehicles or tyres, and to unite various operations in order to reduce the areas affected by compaction.

*Table 1.* Significance table for soil resistance values measured under various conditions on meadow chernozem soil at the beginning of the vegetation period. (1) Depth, cm. (2)  $LSD_{5\%}$ . Legend: E1–E5: see Figure 1.

*Table 2.* Significance table for soil resistance values measured under various conditions on meadow chernozem soil in the middle of the vegetation period. See Table 1.

*Table 3.* Significance table for soil resistance values measured under various conditions on meadow chernozem soil at the end of the vegetation period. See Table 1.

*Table 4.* Significance table for soil resistance values measured under various conditions on meadow clay soil at the beginning of the vegetation period. See Table 1.

*Table 5.* Significance table for soil resistance values measured under various conditions on meadow clay soil in the middle of the vegetation period. See Table 1.

*Table 6.* Significance table for soil resistance values measured under various conditions on meadow clay soil at the end of the vegetation period. See Table 1.

*Table 7.* Significance table for soil resistance values measured under various conditions on humous sand soil at the beginning of the vegetation period. See Table 1.

*Table 8.* Significance table for soil resistance values measured under various conditions on humous sand soil in the middle of the vegetation period. See Table 1.

*Table 9.* Significance table for soil resistance values measured under various conditions on humous sand soil at the end of the vegetation period. See Table 1.

*Fig. 1.* Values of soil resistance and soil moisture at the beginning of the vegetation period on meadow chernozem soil. Legend: Soil moisture of: an uncultivated area (N1); an area ploughed and loosened, without plant cover (N2); a ploughed area without plant cover (N3); a ploughed, loosened area with plant cover (N4); a ploughed area with plant cover (N5); Soil resistance of an uncultivated area (E1); an area ploughed and loosened, without plant cover (E2); a ploughed area without plant cover (E3); a ploughed, loosened area with plant cover (E4); a ploughed area with plant cover (E5).

*Fig. 2.* Values of soil resistance and soil moisture in the middle of the vegetation period on meadow chernozem soil. Legend: see Figure 1.

*Fig. 3.* Values of soil resistance and soil moisture at the end of the vegetation period on meadow chernozem soil. Legend: see Figure 1.

*Fig. 4.* Values of soil resistance and soil moisture at the beginning of the vegetation period on meadow clay soil. Legend: Soil moisture of: an uncultivated area (N1); N2: a ploughed area without plant cover (N2); a ploughed area with plant cover (N3); Soil resistance of an uncultivated area (E1); a ploughed area without plant cover (E2); a ploughed area with plant cover (E3).

*Fig. 5.* Values of soil resistance and soil moisture in the middle of the vegetation period on meadow clay soil. Legend: see Figure 4.

*Fig. 6.* Values of soil resistance and soil moisture at the end of the vegetation period on meadow clay soil. Legend: see Figure 4.

*Fig. 7.* Values of soil resistance and soil moisture at the beginning of the vegetation period on humous sandy soil. Legend: see Figure 4.

*Fig. 8.* Values of soil resistance and soil moisture in the middle of the vegetation period on humous sandy soil. Legend: see Figure 4.

*Fig. 9.* Values of soil resistance and soil moisture at the end of the vegetation period on humous sandy soil. Legend: see Figure 4.