

Tájökológiai Lapok 15 (2): 121-129. (2017)

TALAJSZENZOROK MÉRÉSÉNEK FELHASZNÁLÁSA KÜLÖNBÖZŐ HAZAI RÉGIÓKBAN TÖRTÉNŐ TÁJGAZDÁLKODÁS SEGÍTÉSÉRE

DOBÓ Zsófia¹, OLÁH Izabella¹, FARKAS Róbert²

¹Szent István Egyetem, Természetvédelmi- és Tájgazdálkodási Intézet
2100 Gödöllő, Páter K. u. 1. e-mail: dobo.zsofia1990@gmail.com

²ENET Internetkutató és Tanácsadó Kft.
H-1091 Budapest, Ráday u. 42-44. E-mail: farkas.robert@agrodatt.hu

Kulcsszavak: talajszenzor, talajhőmérséklet, hőmérsékletdinamika

Összefoglalás: Éghajlatunk folyamatosan melegszik, ami a talajokra is hatással van. A talajok hőmérséklete, illetve a légköri hőmérséklettel szembeni tompító képessége befolyásolja a területen termesztendő növények körét. Vizsgálatunk tárgya egy újonnan kifejlesztett talajszonda hőmérséklet-mérésének tesztelése egy gödöllői szántóterületen. Az általunk alkalmazott talajszenzorok különböző mélységekben mérnek talajhőmérsékletet, negyedórás intervallumokban. 8 cm-es mélységben a napi hőmérsékletingadozás nagyobb volt, mint 30 °C, míg 80 cm-es mélységben ez átlagosan 10 °C-ra csökkent. Statisztikailag az egyes mélységekben mért hőmérsékletadatok között nincs hasonlóság, tehát egyértelmű a hőmérsékletváltozás. Az azonos mélységben mért adatokat táblaszinten is vizsgáltuk, mely alapján következtethetünk egy adott tábla heterogenitására is. A kapott eredmények alapján egyértelmű, hogy szignifikáns különbségek vannak a tábla egyes részei között, azonos mélységben is. Hosszú távú céljaink között szerepel a tájgazdálkodás elősegítése, nem csak táblaszintű következtetések levonása, hanem az eltérő régiók jellemzőinek a leírása. Ehhez egy tábla vizsgálata nem elegendő, több mintaterület elemzésére van szükség.

Bevezetés

Jelen cikk tárgya a talaj hőmérsékletének és a talajban végbemenő hőmérsékletváltozások vizsgálata. A talaj hőmérséklete függ a talajba érkező és a talajból távozó hő egyensúlyától. A napsugárzás talajra gyakorolt hatását befolyásolják a felszín tulajdonságai, így a növényi fedettség, valamint a talajfelszín színe és szerkezete. A beérkező hő hatása azonban több tényezőtől is függ, mint a hővezető képességtől és hőkapacitástól. A talaj három fázisú polidiszperz rendszer, a szilárd, a folyékony és a légnemű talajalkotó-elemek hővezető képessége lényegesen különbözik. A hőkapacitás tekintetében is jelentős különbség van a víz és a szilárd rész között, melyek a talaj hőgazdálkodására és az ellenálló képességére is hatással vannak (Stefanovits 1992). Radke (1982) inverz kapcsolatot állapított meg a talajnedvesség és a talajhőmérséklet között. A hőáram függ a talaj hőkapacitásától és hővezetésétől, amelyet jelentősen befolyásol a talaj összetétele, térfogattömege és víztartalma (Hillel 1998, Jury et al. 1991).

A vetéskori talajhőmérsékletre hazánkban leginkább érzékeny kultúra a kukorica. Ezáltal hazánkban is egyik fő kutatási irány a vetés előtti és vetéskori talajhőmérséklet vizsgálata (Ragán et al., 2014). Kutatások bizonyítják, hogy a vetésidőnek szignifikáns hatása van a kelési százalékra, illetve a termésre és keményítőtartalomra (Ványiné et al., 2010), a szárazodó klímánknak köszönhetően pedig egyre nagyobb jelentősége van az egyre korábbi vetésnek, mellyel a téli csapadék hatékonyabban hasznosítható (Bene 2015, Malatinszky 2016).

A talajfelszín borítottsága, a takarónövény minősége (élő/elhalt) befolyásolja a Naptól érkező sugárzás talajfelszínre való eljutását, illetve annak hatását a talajban, mely szintén vizsgálatok tárgyát képezi napjainkban. A vizsgálatokban a feltalaj hőmérsékletét mérték 1 ponton, így a talaj mélyebb rétegei felé történő hőáramlást nem követték nyomon. Különböző minőségű talajtakarók talajhőmérsékletre gyakorolt hatását vizsgálták egy kertészetben 2

számócafajta bevonásával, melynek során a sekély talajréteg hőmérsékletét mérték (8 cm mélyen) hordozható mérőműszerrel, napi 2 alkalommal (Király et al., 2016). A feltalaj hőmérsékletét egy erdészeti vizsgálatban, egy síkfőkúti tölgyesben is monitoringozták, ahol a talaj felszínétől 10 cm mélyen mérték, óránkénti gyakorisággal. Ebben az esetben is klimatikus hatásokra bekövetkező avarprodukció-változásokat elemezték, illetve ezek hatását a talajra (Veres 2015).

A hazai ökológiai körülményeket figyelembe véve megállapítható, hogy a tenyészidőszakok többségében, a természetes csapadékesemények nem fedezik a kukorica nedvességigényét sem eloszlásban sem mennyiségben. Ennek megfelelően az öntözésnek nagy jelentősége van. A talajhőmérséklet az öntözés optimális idejének és az öntözővíz optimális mennyiségének meghatározásánál is fontos szempont, ugyanis a talaj felső 20 cm-es rétege a hosszú távú csapadékraktározásban nem vesz részt az evaporáció és a növényi vízfelhasználás következtében (Vermes 1997). Az érkező csapadék egy része talajtípustól (Centeri és Pataki 2003) és a műveléstől függően lefolyik a talajfelszínen (Barcsi és Centeri 2005, Centeri és Császár 2005), ill. a mélyebb rétegbe szivárog, egy része pedig a feltalajban kötődik meg (Jakab et al. 2017). Minél nagyobb a talaj felső 20 cm-es rétegének hőmérséklete, annál gyorsabban és annál nagyobb mennyiségben párolog el az adott rétegből, így csökkentve a növény számára hasznosítható vízmennyiséget. A talajhőmérséklet és ezáltal az evaporáció megfelelő talajtakarással (Varga et al. 2004), vagy művelési rendszerrel (Gomez 2017, Kassam et al. 2017) azonban csökkenthető. Az öntözés tervezésének céljából fix és mobil talajszenzorokat alkalmaztak egy szaktanácsadási rendszer kidolgozásához (Vig és Dobos 2006). Ebben a vizsgálatban, egymástól 10 cm-re elhelyezett 11 mérőponton történt mérés 6 óránkénti intervallumban. A 11 pont közül 3 ponton 240 cm mélységig mérték a talajhőmérsékletet a víz mozgásának meghatározása céljából, a többi helyen 80 cm mélységig, ahogy az általunk használt (nyári) szondák is.

Néhány külföldi kutatócsoport munkáját is szeretnénk megemlíteni, akik talajhőmérséklet mérésével foglalkoznak (Dong et al. 2016, Fang et al. 2016, Kunkel et al. 2016). Kínában a szalma – mint hátrahagyott jótékony szervesanyag-utánpótlás– hatását vizsgálták a talajnedvesség-potenciál és talajhőmérséklet szempontjából (Yang et al., 2016), melynek során 5-10-15-20 cm mélyen mérték a talajhőmérsékletet 15 napon keresztül. Hasonló mulcsos kísérletet végeztek Vietnámban is, ahol többek között a talaj hőmérsékletét is mérték 5, illetve 10 cm-es mélységben (Ramakrishna et al., 2006).

A közelmúltban ezekkel a típusú szondákkal már történt vizsgálat talajhőmérséklet és talajnedvesség mérés tekintetében is (Dobó et al. 2016, Centeri et al, 2017).

Anyag és módszer

A mintaterület ismertetése

A vizsgált mintaterület Gödöllő területén található, mely szántóföldi művelés alatt áll (1. ábra). A szántóföld területe 5,87 ha, lejtése ÉNY-i irányú. A mintaterületen összesen 5 db talajszonda került elhelyezésre. A talajszondák elhelyezkedése és száma az 1. ábrán látható. A kiválasztott szondák 2016. május 6-án kerültek telepítésre, vetést követően és betakarítás előtt gyűjtöttük be őket, 2016. szeptember 9-én.



1. ábra A gödöllői mintaterületen elhelyezett talajszondák elhelyezkedése, a gyári számaikkal együtt (Forrás: Google Maps)

Figure 1. Location of probes in Gödöllő sampling area, with its serial numbers (Source: Google Maps)

A talajszondák ismertetése

A talajszondák 2 kivitelben készültek. A téli szonda (rövid szonda) 2 mélységben (8 cm, 20 cm) méri a talajhőmérsékletet és talajnedvesség-tartalmat (2. ábra).



2. ábra: Egy téli szonda (a) és egy nyári szonda (b) képe (Fotó: Dobó Zs.)

Figure 2. Photo of a winter (a) and a summer probe (b) (Photo: Zs. Dobó)

A nyári szonda (hosszú szonda) 5 mélységben (8 cm, 20 cm, 40 cm, 60 cm, 80 cm) méri szintén ezeket a paramétereket (2. ábra). A téli szondák gyári száma mindig 01-el, a nyári szondák száma mindig 02-vel kezdődik. A mintaterületen 2 db nyári és 3 db téli szonda került elhelyezésre. A talajszondák minden egyes szenzora negyedóránként mér. Minden egyes szonda önálló tápellátású, melyek óránként adják fel a mért adatokat nyilvános mobil adatátviteli szolgáltatás felhasználásával a központba. A szenzorok mérési pontossága

hőmérséklet esetében $\pm 0,1$ °C. A szondák fejlesztése során a 2016-os év volt az első tesztév, amikor a szondák egy teljes tenyészidőszakot töltöttek kint a mintaterületen.

A vizsgálat céljai:

- a mintaterületen elhelyezett szondák által mért talajhőmérsékletből az egész tenyészidőszakra vonatkozó leíró statisztikai vizsgálatok elvégzése
 - 1 adott mélységben (8, 20, 40, 60 és 80 cm) az összes szonda által mért értékek alapján hőmérsékletdinamika vizsgálata a mérési időszakban,
- egy 3 napos intervallumra vonatkozó hőmérséklet tendenciák megállapítása (nyár eleji időszak)
 - 1 adott mélységben (8, 20, 40, 60 és 80 cm) az összes szonda által mért értékek alapján hőmérsékletdinamika vizsgálata
 - 1 szonda, különböző mélységeiben működő szenzoradatainak értékelése vertikális hőmérsékletdinamika megállapítására
- az eredmények alapján javaslat megtétele a szondák kialakítására, a táblánkénti szondaszámra, illetve további vizsgálatok és célok megfogalmazása

Az elmaradt mérések és azok kiküszöbölése

A gödöllői mintaterületen vetett kukorica tenyészidőszakának hossza több, mint 4 hónap volt. Az adatok kiértékelése előtt az első teendő az adatok rendezése. A hosszú mérési időszak alatt az adatsorban előfordul, hogy nem rendelkezünk mért adattal. Ennek alapvetően 2 oka van. Az egyik a hálózati probléma, melynek következtében a szenzorok által mért adatokat a szonda nem képes a szerverközpontba továbbítani. Abban az esetben, ha a hálózati probléma több órán keresztül fenn áll (több, mint 4 óra), a szonda nem képes a mért adatokat tárolni a korlátozott memóriahely következtében, ilyenkor adatvesztéssel kell számolni. A másik probléma a szondákon elhelyezett különböző szenzorok hibája. Ebben az esetben nem a szondán elhelyezett összes szenzor hibájáról van szó, hanem egy adott mélységben elhelyezett szenzorról. Az 1 szondán elhelyezkedő szenzorok függetlenek egymástól, így ha egy szenzor adott időpontban nem tud mérni, a többi attól függetlenül rendelkezik mért adattal. Ennek következtében néhol foghíjas táblázatunk van. Ennek kiküszöbölésére az adatokat szűrni szükséges az üres cellákra, így olyan adathalmazt vizsgálunk, ahol minden mélységben van mért adatunk. Ez azt vonja maga után, hogy nem minden negyedórán rendelkezünk mért adatokkal, de még így is kellő adatunk van ahhoz, hogy a napi változásokat nyomon lehessen követni a mérési időszakban.

Az adatok statisztikai elemzése

A statisztikai elemzéshez az Excel, illetve az IBM SPSS Statistics 22 programokat használtuk. Fontos megjegyezni, hogy a vizsgálatokat az egész tenyészidőszak alatt mért adatokból készítettük el. A vizsgálatot elsősorban a legalapvetőbb kiértékelési, elemzési eljárásokkal indítottuk, melynek célja az adataink által leírt jelenséget összefoglalóan jellemző információhoz hozzájutás, tehát egy elsődleges helyzetkép megfogalmazása. Ez magába foglalja a számított középértéket (átlag), szórás, terjedelem, minimum és maximum értékek kiszámolását. Ezt követően az adatokból normalitásvizsgálatot végeztünk, ugyanis a leggyakrabban használt hipotézisvizsgálatok alkalmazásának a feltétele a vizsgált változók normális eloszlása. Ezt az ún. Kolmogorov-Smirnov teszttel hajtottuk végre. Ennek a tesztnek nagy hátránya, hogy nagyon kevés információt ad az eloszlás alakjáról, ha az nem normáleloszlású. Így ennek megállapítására a ferdeség és csúcsosság értékeket is meghatároztuk. A ferdeség az eloszlás középérték körüli asszimetriájának mértékét jelzi. Ha a

ferdeség negatív érték, a modulusz (jellemző érték) kisebb, mint az átlag (bal dőlés), ha pozitív érték, a modulusz nagyobb, mint az átlag (jobb dőlés). A csúcsosság azt jelzi, hogy a sokaság a normális eloszláshoz képest mennyire „tömörül”. A pozitív értékek csúcsosabb, a negatív értékek laposabb eloszlást jelent. A normalitás vizsgálatot követően nem parametrikus statisztikai eljárással (Kruskal-Wallis, Mann-Whitney) megnéztük, hogy az adatok származtathatók-e egyazon eloszlásból. Továbbá 1 szempontú ANOVA tesztet is végeztünk, Levene-tesztel és Tamhane Post Hoc tesztel kiegészítve. Az eredményektől azt várjuk, hogy a csoportátlagok egyeznek-e vagy van statisztikailag kimutatható különbség az egyes mélységek hőmérséklete között (Jánosa 2011).

Eredmények és következtetések

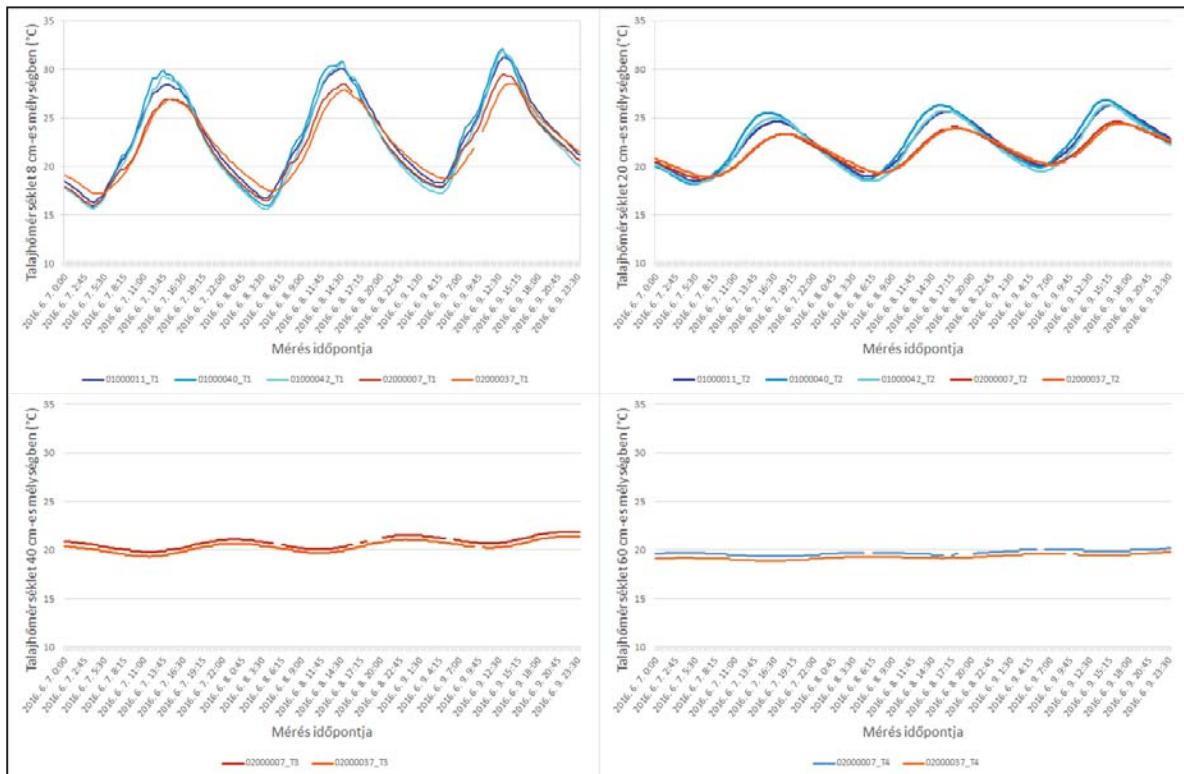
Statisztikai szempontból a 40, 60 és 80 cm-en mért adatokat nem tekinthetjük mérvadónak ebben a vizsgálatban, ugyanis ezekben a mélységekben 2 db (hosszú) szonda rendelkezik szenzorral (1. táblázat). A 8 és 20 cm-es mérőhelyek esetében is jól látszódik, hogy a szenzoradatok között eltérés van. A mérési mélység csökkenésével párhuzamosan a hőmérséklet fluktuációja is mérséklődik, ezt a variancia értékek is tükrözik. 8 cm-es mélységben a legnagyobb napi hőingadozás 31,6 °C, míg 80 cm-es mélységben ez az érték mindössze 9,3 °C, ami a táblán belüli heterogenitásra utal (Jakab et al. 2010).

Mérési mélység (cm)	Szonda ID	N (vizsgált elemszám)	Hőmérséklet ingadozás (°C)	Min. értékek (°C)	Max. értékek (°C)	Átlag (°C)	Std. eltérés	Variancia
8	1000011	11829	28,60	7,00	35,60	21,52	4,58552	21,027
	1000040	11832	31,60	6,30	37,90	21,55	4,91084	24,116
	1000042	11874	25,20	6,90	32,10	20,47	4,19895	17,631
	2000007	9094	25,40	7,20	32,60	21,16	4,28453	18,357
	2000037	10116	23,10	7,90	31,00	20,94	3,84991	14,822
20	1000011	11829	21,20	9,70	30,90	21,09	3,62775	13,161
	1000040	11832	22,30	9,00	31,30	21,29	3,68115	13,551
	1000042	11874	18,30	9,80	28,10	20,24	3,15655	9,964
	2000007	9094	17,90	10,40	28,30	20,80	3,31259	10,973
	2000037	10116	16,90	10,60	27,50	20,62	3,13736	9,843
40	2000007	9094	13,00	12,50	25,50	20,37	2,93187	8,596
	2000037	10116	12,30	12,30	24,60	19,89	2,79936	7,836
60	2000007	9094	10,70	12,80	23,50	19,58	2,79665	7,821
	2000037	10116	10,30	12,80	23,10	19,31	2,69830	7,281
80	2000007	9094	9,30	13,00	22,30	18,88	2,73753	7,494
	2000037	10116	9,20	12,70	21,90	18,61	2,67742	7,169

1. táblázat A talajszondák hőmérsékletadatainak leíró statisztikai elemzése

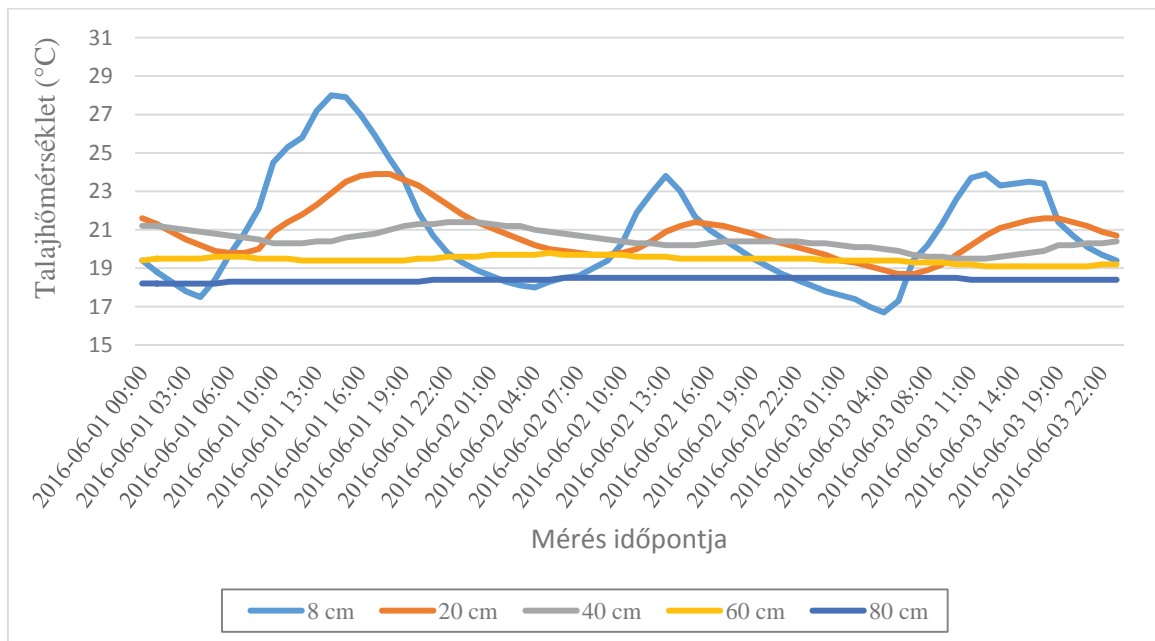
Table 1. Descriptive statistics of soil temperature data of the soil probes

A 3. ábrán nyár elején, 2016. június 7-9-ig mért adatokat ábrázoltuk. A napi hőmérséklet ingadozása 40 cm-es mélységig követhető nyomom. A 60 és 80 cm-es mérőhelyeken a napi fluktuáció már nem érzékelhető (3. ábra). A diagramokon egyértelműen látszik, hogy a 2 db hosszú szonda (0200007, 02000037) mért értékei a maximumok esetében alulmaradnak a rövid szondákkal szemben. A napi minimumoknál hasonló képet látunk, ugyanis ebben az esetben a rövid szondák mérik a legalacsonyabb értéket. A talajhőmérséklet minden nap kora délután (13-14 óra között) tetőzik, majd ezt követően folyamatosan csökken hajnalig. A minimum hőmérsékletet 4 óra körül éri el.



3. ábra A talajhőmérsékletek ábrázolása különböző mélységekben
 Figure 3. Diagrams of soil temperatures at different depths

A 4. ábrán nem az egész táblára vonatkozó hőmérsékletadatok láthatók, hanem 1 nyári (hosszú) szonda által mért értékeket ábrázoltuk, annak érdekében, hogy szemléltessük, a mélységgel hogyan változik a talaj hőmérséklete. Ebben az esetben kizárólag június 1. és 3. közötti időszakot szemléltettük.



4. ábra A gödöllői mintaterület talajhőmérséklete a 02000007 számú szonda mérései alapján
 Figure 4. Soil temperature measured by longer probe (serial number of 02000007)

A talaj a bioszféra nagy kiegyensúlyozó képességgel rendelkező eleme, amely egy bizonyos határig képes a stressz hatásokat (légköri aszály, túl sok csapadék, fagy stb) mérsékelni, tompítani (Kátai 2011). Az egyes mélységekben mért hőmérsékletek napi fluktuációja a mélységgel párhuzamosan folyamatosan csökken, ahogy ezt már a statisztikai elemzés során tárgyaltuk. 20 cm-es talajmélységben is már a hőingadozás kisebb mértékű, mint a sekély rétegben, a napi ingadozás pedig 60 és 80 cm-es mélységben már nem érzékelhető (4. ábra).

Az eredmények alapján elmondható, hogy statisztikailag is nagy hőmérséklet-különbség van az azonos mélységben mérő szenzorok között. A két különböző típusú szonda min. és max. értékei között is látható eltérést tapasztaltunk. A különbségek adódhatnak a szenzorok nem megfelelő kalibrációjából, a talajtípusból és talajparaméterekből, kitettségéből, illetve a talajtakarás mértékéből. A talaj puffer képessége következtében a mélységgel párhuzamosan csökken a talajhőmérséklet is. A gödöllői terület esetében 60 cm-es mélységig érzékelhető a napi hőingadozás, a mélyebb rétegekben kiegyenlített hőmérsékletet mértünk. A száraz talaj sokkal gyorsabb ütemben melegedik fel és hűl le, mint egy nedves talaj, ugyanis a talaj részecskéinek nagyobb a hővezető képessége és kisebb a hő kapacitása. Ezen felül a talajok felmelegedésének mértékére befolyással van a talaj textúrája is. Ezek tudatában érdemes a további vizsgálatot úgy folytatni, hogy a szenzorok kalibrációját követően, Magyarországon jellemző talajtípusokon végzünk méréseket. A méréseket ugyanazon időpontban (azonos 3 napos intervallum), ugyanolyan időjárási feltételek mellett célszerű elvégezni (napos idő/esős idő), annak érdekében, hogy a feltételek azonosak legyen. A talaj borítottságára is figyelemmel kell lenni. A mintaterületeket úgy érdemes kiválasztani, hogy az elvetett azonos növénykultúra alkossa az állományt, hiszen egy kukorica nem ugyanolyan mértéken árnyékolja a felszínt, mint egy búza állomány. A vizsgálatot érdemes léghőmérséklet-, csapadék és talajnedvesség mérésével is kiegészíteni. Két típusú szonda telepítése nem célszerű, ugyanis a két szonda adatait kizárólag 20 cm-es mélységig tudjuk összehasonlítani. Abban az esetben, ha kizárólag rövid szondákat telepítünk egy táblára, a felső, 20 cm-es talajrétegről kapunk információt. Ha szeretnénk 80 cm-ig vizsgálni a hőmérsékletdinamikát, legalább 5 hosszú szondát célszerű telepíteni egy időpontban, egy táblára. Ez a megoldás azonban rendkívül idő- és gépigényes (fúrógép).

Összességében elmondható, hogy az általunk alkalmazott talajszenzorok alkalmasak a talaj hőmérsékletének monitoringozására, melyből hasznos következtetéseket vonhatunk le a vizsgált tábláról.

Más táblák esetében is az egész táblára kiterjedő horizontális elemzéseket, illetve 1-1 szonda vertikális elemzését célszerű elvégezni, hiszen mind a 2 vizsgálati szempont hozott használható eredményt. Az azonos mélységben mérő szenzoradatok (horizontális) összehasonlításából a tábla heterogenitásáról kapunk információt (talajtulajdonságok, kitettség, víznyomás, művelés stb.), míg az 1 szondán elhelyezkedő szenzoradatok adott ponton a hőmérséklet vertikális dinamikáját mutatják meg számunkra. Ezekből az adatokból pedig a talajadottságok, illetve az agrotechnika ismeretében egy adott talaj léghőmérséklettel szembeni tompító hatását vizsgálhatjuk meg. Ezt a tompító hatást a minimum-maximum, illetve a terjedelem értékekből is látjuk, hiszen a mélységgel párhuzamos a minimum-maximum értékek is csökkentek, illetve a terjedelem mértéke is mérséklődik.

Több talajtípus vizsgálatával képet kaphatunk arról, hogy adott talajtulajdonságok mellett hogyan változik a talajhőmérséklet akár egy táblán belül horizontálisan, akár egy ponton vertikálisan. Mind a kettőnek nagy jelentősége van a gazdálkodás szempontjából. Az eredmények birtokában a tájgazdálkodás is segíthető a megfogalmazott következtetések és tapasztalatok alapján egy adott karakterű talaj esetében (Barczy et al. 2008).

Irodalom

- Ángyán J. 2003: A környezet- és tájgazdálkodás agroökológiai, földhasználati alapozása. MTA doktori értekezés, Gödöllő
- Barczy, A., Centeri, Cs. 2005: Az erózió és defláció tendenciái Magyarországon. In: Stefanovits, P. (szerk.): A talajok jelentősége a 21. században. Magyarország az ezredfordulón. Agrárium. Stratégiai kutatások a Magyar Tudományos Akadémián. p. 221–244.
- Barczy, A., Ángyán, J., Podmaniczky, L., Pirkó, B., Joó, K., Centeri, Cs., Grónás, V., Vona, M., Pető, Á. 2008: Suggested landscape and agri-environmental condition assessment. *Tájökológiai Lapok*, 6(1): 77–94.
- Bene E. 2015: A vetésidő szerepe a hibridspecifikus kukoricatermesztési technológiák fejlesztésében. Doktori értekezés. Debreceni Egyetem
- Centeri, Cs., Császár, A. 2005: A felszínborítás, a lejtőszakasz és a foszfor kapcsolata. *Tájökológiai Lapok*, 3(1): 119–131.
- Centeri, Cs., Pataki, R. 2003: A talajerodálhatósági értékek meghatározásának fontossága a talajveszteség tolerancia értékek tükrében. *Tájökológiai Lapok*, 1(2): 181–192.
- Centeri, Cs., Dobó, Zs., Oláh, I., Farkas, R. 2017: Laboratory analyses of soil probes in sand. Proceedings of the 24th International Poster Day, Bratislava, p. 47–52.
- Dong, J., Steele-Dunne, S. C., Ochsner, T. E., van de Giesen, N. 2016: Estimating soil moisture and soil thermal and hydraulic properties by assimilating soil temperatures using a particle batch smoother. *Advances in Water Resources*, 91: 104–116.
- Dobó, Zs., Centeri, Cs., Oláh, I., Farkas, R., Szabó, K. 2016: First results of soil sensor testing in Hungary. 23rd International Poster Day, Bratislava
- Fang K., Li H., Wang Z., Du Y., Wang J. 2016: Comparative analysis on spatial variability of soil moisture under different land use types in orchard. *Scientia Horticulturae*, 207: 65–72.
- Gomez, J. A. 2017: Sustainability using cover crops in Mediterranean tree crops, olives and vines - Challenges and current knowledge. *Hungarian Geographical Bulletin*, 66(1): 13–28.
- Hillel D. 1998: *Environmental Soil Physics*. Academic Press, San Diego, CA, USA.
- Jakab G., Kertész Á., Madarász B., Ronczyk L., Szalai Z. 2010: Az erózió és a domborzat kapcsolata szántóföldön, a tolerálható talajveszteség tükrében. *Tájökológiai Lapok* 8(1): 35–45.
- Jakab G., Centeri Cs., Madarász B., Szalai Z., Órsi A., Kertész Á. 2011: Parcellás eróziómérések Magyarországon. *Talajvédelem (különszám)*, pp. 139–147.
- Jakab G., Madarász B., Szabó J.A., Tóth A., Zachary D., Szalai Z., Dyson J. 2017: Infiltration and Soil Loss Changes during the Growing Season under Ploughing and Conservation Tillage. *Sustainability* 9(10), 1726.
- Jánosa A. 2011: *Adatelemzés SPSS használatával*. ComputerBooks Kiadói Kft, Budapest.
- Jury, W. A., Gardner, W. R., Gardner, W. H. 1991: *Soil Physics*, 5th ed, Wiley Toronto, Canada
- Kassam, A., Basch, G., Friedrich, T., Gonzalez, E., Trivino, P., Mkomwa, S. 2017: Mobilizing greater crop and land potentials sustainably. *Hungarian Geographical Bulletin*, 66(1): 3–11.
- Kátai J. 2011: *Alkalmazott talajtan*. Debreceni Egyetem, Nyugat Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem.
- Király I., Palkovics A. Mihálka V. 2016: Különböző talajtakarási módok hatása ökológiai számóca ültetvényben. *Gradus*, 3(2): 344–350.
- Kunkel, V., Wells, T., Hancock, G. R. 2016: Soil temperature dynamics at the catchment scale. *Geoderma*, 273: 32–44.
- Malatinszky, Á. 2016: Stakeholder perceptions of climate extremes' effects on management of protected grasslands in a central European area. *Weather, Climate, and Society* 8(3): 209–217.
- Radke, J. K. 1982: Managing early season soil temperatures in the northern corn belt using configured soil surfaces and mulches. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46: 1067–1071.
- Ragán P., Bakó I. K. és Sedlák G. 2014: Az eltérő vetésidővel összefüggő környezeti változások hatása a kukorica termésére. *Agrártudományi Közlemények* 2014/55.
- Ramakrishna, A., Tam, H. M., Wani, S. P., Long, T. D. 2006: Effect of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam. *Field Crops Research*, 95(2-3):115-125.
- Stefanovits P. 1992: *Talajtan*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Szépszó, G. 2008: Regional change of climate extremes in Hungary based on different climate change models of the PRUDENCE project. *Időjárás*, 112: 265–283.
- Varga I., Nagy-Kovács E., Lefler P. 2004: A talajtakarás hatása a talaj nedvességtartalmára aszályos időjárásban Gyöngyösön. *Gazdálkodás*, 48(9): 122–127.
- Ványiné Sz. A., Megyes A., Nagy J. 2010: Vetésidő és az évjárat hatása a kukorica hibridek terméshozamára és a minőségére. *Növénytermelés*, 59(4): 63–88.
- Veres Zs. 2015: A klímaváltozás hatása a síkfőkúti cseres-tölgyes erdő avarprodukciójára és talajdinamikai folyamataira. Doktori értekezés, Debreceni Egyetem.

- Vermes L. 1997: Vízgazdálkodás. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest.
- Vig R. és Dobos A. 2006: Tápanyag-vizsgálatok összehasonlító vizsgálata különböző adottságú mintaterületeken. Agrártudományi közlemények, 2006/22. különszám.
- Yang, H., Feng, J., Zhai, S., Dai, Y., Xu, M., Wu, J., Shen, M., Bian, X., Koide, R. T., Liu, J. 2016: Long-term ditch-buried straw return alters soil water potential, temperature, and microbial communities in a rice-wheat rotation system. Soil and Tillage Research, 163: 21–21.

USING MEASUREMENTS OF SOIL PROBES TO HELP LANDSCAPE MANAGEMENT IN DIFFERENT HUNGARIAN REGIONS

Zs. Dobó¹, I. Oláh², R. Farkas²

Szent István University, Institute of Nature Conservation and Landscape Management
2100–Gödöllő, Péter k. u. 1. e-mail: dozo.zsofia1990@gmail.com

²ENET Internetkutató és Tanácsadó Kft.
H-1091 Budapest, Ráday u. 42-44. E-mail: farkas.robert@agrodat.hu

Keywords: soil probe, soil temperature, temperature dynamics

Our climate is continuously warming, and it has effect on soils as well. The soil temperature and buffer capacity of soil against atmosphere temperature influence the range of crops to be grown on arable land. The aim of our search is to analyse soil temperature data measured by newly developed soil probes on a Gödöllő sample area, Hungary. Soil probes measure temperature at different depths, in 15 minutes intervals. At 8 cm depth the daily fluctuation is more than 30°C, while it decreases to a 10°C on average at 80 cm depth. Statistically soil temperatures differ between in different depths, so the temperature change is obvious. We investigate data measured at the same depth, which enables us to describe the heterogeneity of the sample field. It is clear that there are differences between parts of sample field, even at the same depths. Our long-term goals include facilitating landscape management, drawing conclusions on not just at a field scale but at regional levels. To reach this goal, the analyses of one field is not enough, more fields need to be investigated.