

Talajnedvesség meghatározás fajlagos elektromos vezetőképesség alapján a precíziós mezőgazdaságban

¹BALLA ISTVÁN–²MILICS GÁBOR–³DEÁKVÁRI JÓZSEF–³FENYVESI LÁSZLÓ–
²NEMÉNYI MIKLÓS–¹JOLÁNKAI MÁRTON

¹Szent István Egyetem, Növénytermesztési Intézet, Gödöllő

²Nyugat-magyarországi Egyetem, Biológiai Rendszerek Műszaki Intézete,
Mosonmagyaróvár

³Vidékfejlesztési Minisztérium, Mezőgazdasági Gépesítési Intézet, Gödöllő

Összefoglalás

A talaj felvehető nedvességtartalmának tér- és időbeli változása közvetlenül meghatározza a növénytermesztés sikerességét. *Sharma et al.* (1993) szerint a növénytermesztés két fontos pillére a víz és a tápanyagok. A felvehető víz felhasználása a növények számára nélkülözhetetlen. Ezt az igényt csak úgy elégíthetjük ki maximálisan, ha ismerjük a talajnedvesség eloszlását a gyökérszónában. A talajnedvesség eloszlásának talajmintákból történő meghatározása drága, sok időt vesz igénybe és laboratóriumi felszerelést igényel (*Sharma et al.* 1997).

Ezt a tényt alapul véve határoztuk el, hogy kutatásunkban megoldást keresünk a talajnedvesség mérés problémájának kiküszöbölésére, leegyszerűsítésére.

Vizsgálatunkban Mosonmagyaróváron, egy 2001 óta precíziósan művelt mezőgazdasági táblán talajnedvesség és elektromos konduktivitás méréseket végeztünk, azonos időpontban két különböző mérőműszer segítségével. Az egyik egy hordozható, kézi Spectrum Field Scout TDR-300 talajnedvesség mérő volt, amit a készülékben lévő adatgyűjtő és a beépített RS-232 port segítségével egy GPS-szel kiegészítve 20 cm-es talajmélységig használtunk. A GPS-nek köszönhetően a mért volumetrikus nedvességadatok automatikusan a megfelelő földrajzi koordinátákkal egészültek ki. A másik alkalmazott eszköz egy járművel vontatott Veris 3100, a talaj fajlagos elektromos vezetőképességét mérő, és ugyancsak egy GPS-kapcsolat segítségével azt fel is térképező rendszer volt.

A szerkezet menet közben folyamatos mérést tesz lehetővé, ezzel biztosítja a megfelelő számú, kellően reprezentatív adatot. Alkalmazásakor azt a feltételezésünket kívántuk igazolni, hogy a mért fajlagos elektromos vezetőképesség alapján következtetni tudunk a talaj nedvességtartalmára.

A kísérletben a két méréssorozat eredményei között kerestünk összefüggéseket bízva abban, hogy a terepi bejárással járó (a laboratóriumi, szárítószekrényes mérésnél egyszerűbb, gyorsabb és olcsóbb) TDR 300-zal végzett méréstechnológia tovább egyszerűsíthető, amennyiben kellően szoros kapcsolatot találunk a fajlagos vezetőképesség adatokkal.

A két egyidejű méréssorozat adataiból az ArcGIS ArcMap program segítségével talajnedvesség- és elektromos vezetőképesség térképeket készítettünk. Ezek alapján a két módszer között nagyon szorosnak látszott a kapcsolat, amit statisztikai elemzéssel is igazoltunk. A korreláció (minimum $r=0,86$) meghatározása után regresszió-analízissel hasonlítottuk össze a mérések adatait. Ennek eredményeként is – egy a terepi mérések tekintetében – szoros kapcsolatot találtunk, az R^2 értéke minimum 0,7404 volt.

Kulcsszavak: precíziós gazdálkodás, őszi búza, talajnedvesség, fajlagos elektromos vezetőképesség, TDR 300, Veris 3100

Precision agriculture – Determination of soil moisture content based on electrical conductivity measurement method

¹I. BALLA–²G. MILICS–³J. DEÁKVÁRI–³L. FENYVESI–²M. NEMÉNYI–¹M. JOLÁNKAI

¹Szent István University, Institute of Crop Production, Gödöllő

²University of West Hungary, Institute of Biosystems Engineering, Mosonmagyaróvár

³Ministry of Rural Development, Hungarian Institute of Agricultural Engineering, Gödöllő

Summary

Crop production is directly related to the temporal and spatial changes of soil moisture. Water and nutrients are the two major resources for crop production (*Sharma et al.* 1993). The use of available soil moisture by a crop is necessary and this can best be obtained from the accurate description of the distribution of soil moisture in the root zone. Assessment

of such a distribution of soil moisture through field measurements is expensive, time consuming and laborious (*Sharma et al.* 1997).

Based on this fact in our experiment we decided to find solution for the continuous, direct or indirect measurements of soil moisture.

In our examination we carried out various measurements at the same time and with various methods on a field in Mosonmagyaróvár. On the investigated field site-specific crop production was applied since 2001. The instruments applied were as follows:

1. A hand-held Spectrum Field Scout TDR-300 type soil moisture probe further equipped with a data logger and GPS receiver. Data transfer was via RS-232 port, the rods were 20 cm. Due to the additional equipments we could automatically collect volumetric soil moisture data with additional coordinates.

2. The other instrument was a vehicle-pulled specific Veris 3100 Electrical Conductivity meter. This instrument was equipped with GPS-connection too in order to map our field. This tool makes it possible to continuously measure data while in movement, assuring the necessary number and density of data. By the application of this instrument we presumed that based on the electrical conductivity data, soil moisture data can be measured; therefore, continuous soil moisture measurement can be carried out.

In the research we looked for connections between data of the two measurements. We assumed that the on-site measurements will further simplify the soil moisture measurement compared to the laboratory based gravimetric (drying chamber) based slow, time and workforce consuming method. Furthermore, in the case of the strong correlation between the soil electrical conductivity and the soil moisture content, an online measurement method will be available for soil moisture measurement.

According to the measurement data collected at the same time, soil moisture and electrical conductivity maps were created by ArcGIS ArcMap software. The two maps showed virtually very strong relation which was proved by statistical evaluations as well. We compared the data of the two measurements with correlation (minimum $r=0.86$) and with regression analysis. In the case of field measurements, these results showed strong correlation between the two databases. In the worst case, the correlation was $R^2=0.7404$.

Key words: precision agriculture, winter wheat, soil moisture, Electrical Conductivity, TDR 300, Veris 3100

Определение влажности почвы на основе удельной проводимости тока в точном сельском хозяйстве

¹И. БАЛЛА–²Г. МИЛИЧ–³Я. ДЕАКВАРИ–³Л. ФЕНЬВЕШИ–²М. НЕМЕНЬИ–¹М. ЁЛАНКАИ

¹Институт растениеводства Университета им. Святого Иштвана, Гёдёллэ

²Технический Институт Биологических Систем Западно-Венгерского Университета,
Мошонмадьяровар

³Министерство Развития Территорий, Институт Механизации Сельского Хозяйства,
Гёдёллэ

Резюме

Территориальные и временные изменения возможного содержания влаги почвы напрямую определяют успешность растениеводства. По мнению *Sharma et al.* (1993) две важные основы растениеводства - вода и питательные вещества. Использование принимаемой воды необходимо для растений. Эту потребность только так можем максимально удовлетворить, если знаем распределение влаги почвы в зоне корня. Установление распределения влажности почвы, происходящее из образцов почвы, дорого, требует много времени и лабораторного оборудования (*Sharma et al.* 1997).

Принимая этот факт за основу, мы решили, что в наших исследованиях мы ищем решение упростить проблему измерения влажности почвы.

В наших исследованиях в Мошонмадьяроваре, с 2001 года мы проводим измерения влажности почвы и электрической проводимости на точно обрабатываемом сельскохозяйственном участке, одновременно с помощью двух различных измерительных приборов. Один - переносимый, ручной измеритель влажности почвы Spectrum Field Scout TDR-300, который с помощью находящегося в приборе базы данных и встроенного порта RS-232 в дополнении с GPS применяли до 20 см глубины почвы. Благодаря GPS измеренные объёмные данные влаги автоматически дополнялись соответствующими географическими координатами. Другой применяемый прибор на прицепе к машине Veris 3100, измеритель удельной электропроводимости почвы, и тоже с помощью GPS это была также картографируемая система. Оборудование при движении делает возможным постоянное измерение, обеспечивая этим достаточное количество нужных репрезентативных данных. При его применении хотели подтвердить наше предположение, что на основе измеренной удельной электропроводимости можем сделать вывод о содержании влаги почвы.

В опыте среди результатов двух серий измерений мы искали зависимости, надеясь на то, что связанную с обходом территории (проще, быстрее и дешевле лабораторных, с сушильными шкафами измерениями) проведённую с TDR 300 технологию измерения ещё дальше можно упростить, если сможем обнаружить необходимую связь с данными удельной проводимости.

По данным двух одновременных серий измерений с помощью программ ArcGIS ArcMap составили карты влажности почвы и электропроводимости. На их основании между двумя способами связь оказалась очень тесной, что и статистическим анализом также подтвердилось. После установления корреляции (minimum $r=0,86$) сравнили в регрессивном анализе данные измерений. Результатом этого также – в отношении полевых измерений – обнаружили тесную связь, показатель R^2 минимум был 0,7404.

Ключевые слова: точное хозяйство, озимая пшеница, влажность почвы, удельная электропроводимость, TDR 300, Veris 3100

Bevezetés és irodalmi áttekintés

Az őszi búza a legelterjedtebb és legrégebben termesztett kultúrnövény. Jelentősége főleg nagyfokú ökológiai alkalmazkodó-képességében rejlik. Termésének nagyságát és minőségét az egyes termőhelyek talajának típusa, az időjárás alakulása és a választott termesztési módszer határozza meg, vagy alakítja (Antal 2000).

Számos tanulmány bizonyítja, hogy a termés nagysága nagyban függ az alkalmazott agrotechnikától, a termesztett növény igényeitől, a csapadék mennyiségétől, a talaj típusától, valamint annak vízraktározó képességétől (Boone 1988, Lampurlanes et al. 2002, Hemmat és Eskandari 2004).

Pepó (2009) szerint a búzatermesztésben a termés nagyságát és a különböző agronómiai tulajdonságokat az ökológiai (időjárás, talaj), a biológiai (genotípus) és az agrotechnikai (vetésváltás, tápanyagellátás, vízellátás, növényvédelem) tényezők együttesen határozzák meg.

Öntözés nélküli technológiában a növények folyamatos növekedéséhez és a magas hozamok eléréséhez elengedhetetlen a gyökérszóna kedvező nedveségtartalmának fenntartása (Chakraborty et al. 2008).

Az elérhető nedvesség a termésmennyiség fő limitáló tényezője, ezt pedig a csapadék mennyisége és eloszlása, valamint a talaj nedvességraktározó képessége határozza meg (*Lawes et al. 2009*).

Kevés és egyenetlen eloszlású csapadék esetén a víz a növénytermesztés sikerének a kulcsa. Egyes időszakokban a felvehető víz mennyisége korlátozottá válhat a növény számára, a tenyészidő ezen részében vízhiány, stressz alakul ki (*Kang et al. 2003*).

Termesztett növényeink tenyészideje nem mindig esik egybe a csapadékos időszakokkal, ezért a termés nagysága szorosan összefügg a talajnedvességként tárolt csapadék mennyiségével. Tehát a talaj, mint egyfajta „vízraktár”, csökkenti a csapadékeloszlás egyenetlenségéből fakadó káros következményeket (*Su et al. 2007*).

A kedvezőtlen időjárási hatások, elsősorban a vízhiány csökkentésében tehát fontos szerepet tölt be a talaj vízgazdálkodása, a talajban tárolt vízkészlet (*Shen et al. 1999, Domitruk et al. 2000, Várallyay 2004, 2007, 2008*).

Štekauerová et al. (2006), Nagy et al. (2007) és *Šútor et al. (2009)* is átfogóan tanulmányozták a mezőgazdasági területek talajának vízkészletét.

A talaj vízgazdálkodása a talajban lévő víz mennyisége, állapota, formája és mozgása, s e tényezők idő- és térbeli változása. Összetevődik a talaj víznyeléséből, vízáteresztő, víztartó, tároló képességéből és a száradás feltételeiből (*Birkás 2010*).

Stefanovits (1975) szerint a talaj vízgazdálkodása a talaj termékenységének alapvető feltétele, mivel meghatározza annak levegő-, hő- és tápanyag-gazdálkodását, biológiai tevékenységét, művelhetőségét.

A csapadék- és öntözővíz, a felszíni hozzáfolyás, a talajvízből történő és a felszín alatti hozzászivárgás növeli, az evapotranszpiráció, a felszíni elfolyás és a felszín alatti elszivárgás csökkenti a talaj vízkészletét. A talaj nedvességtartalmát befolyásoló hidrológiai tényezők esetében periodicitás mutatható ki. Mind vízellátási zavarok és aszálykárok, mind káros víztöbbletből eredő növénykárosodás előfordulhatnak (*Nyíri 1993*).

Megállapítható, hogy az őszi búza termesztésének legfontosabb korlátozója a rendelkezésre álló, felvehető víz mennyisége. A növényi gyökérzet vízfelvételi dinamikájának ismerete feltétlenül szükséges a helyes mezőgazdasági vízgazdálkodáshoz. Sok kutatás támasztja alá a növényi gyökérfejlődés és a talajnedvesség szoros kapcsolatát (*Li et al. 2010*).

A talaj vízkészletének, mint a hozamot befolyásoló önálló tényezőnek, pontos kimutatása a hozamoknak rendkívül sok tényezőtől való befolyásoltsága miatt nehéz (*Palkovits és Schummel 1992, Késmárki et al. 1993*).

A talaj gyökérszónájának nedvességtartalma tehát meghatározó a növényi fejlődés, ezáltal a termés nagysága szempontjából. A precíziós gazdálkodásban ennek fenntartásához elkerülhetetlen a talajnedvesség eloszlásának pontos ismerete, feltérképezése.

A precíziós mezőgazdaságban a talaj paramétereinek, mint a termést befolyásoló tényezőinek, köztük a talajnedvesség „helyettesítő meghatározásának” lehetőségeként már *Tao* (1998) is az elektromos vezetőképességet használta.

Az elektromos vezetőképesség és a talajművelés – talajtulajdonságok összefüggéseit hazai kutatók is vizsgálták, és arra jutottak, hogy a talaj elektromos vezetőképessége és a talajnedvesség között szoros a kapcsolat (*Rádics et al. 2006, 2008*).

A precíziós mezőgazdaság, valamint a természeti erőforrásokkal való gazdálkodás jövője a technológiai fejlesztések megbízhatóságán, kivitelezhetőségén és érthetőségén múlik (*Williams és Hoey 1987, Milne 1991, Corwin és Lesch 1998, Hartsock et al. 2000, Kravchenko és Bullock 2000*).

A kísérleti adatbázisokban, illetve a távérzékelés adatainak biometriai értelmezésében a kalibrálás, valamint a matematikai adatértelmezés szerepe meghatározóvá válik (*Borgefors 1986, Kotropoulos 2010*)

Kísérletünkben egy közvetett talajnedvesség meghatározási módszert vizsgáltunk, melyben a talaj fajlagos elektromos vezetőképessége és a talajnedvesség között kerestünk összefüggést. Célunk a talajnedvesség mérések gyorsabbá, egyszerűbbé, költséghatékonyabbá és térben pontosabbá tétele volt.

Anyag és módszer

A kutatás alapját képező őszi búza kísérletet 2008 őszén állítottuk be Mosonmagyaróvár határában, a Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karának, Biológiai Rendszerek Műszaki Intézetének kísérleti területén, egy 2001 óta precíziós gazdálkodásban lévő 23,52 hektáros mezőgazdasági táblán, melynek MEPAR kódja K2XEW-8-08.

A terület mezőgazdaságilag intenzíven művelt alluviális síkság. A precíziós módszerrel művelt tábla heterogén, egy talajszelvény leírással nem jellemezhető. Ennek a heterogenitásnak az oka a területen húzódó eltemetett folyó-

meder. A vizsgálat helyszíne humuszos öntéstalaj, amelynek a legfelső 20 cm-es rétegében a talaj humusztartalma 1,4–2,8% között változik. A humusztartalom ilyen mértékű változása is teljes mértékben követi a terület jellegzetes mintázatát. A kisebb humusztartalommal rendelkező részekben a homokfrakció aránya is jelentősen megnő, ahol viszont magasabb értékekkel találkozunk, ott a vályog és agyagfrakció a meghatározó. Az előbbiekből adódóan az is következik, hogy a tábla talajának vízgazdálkodását sem lehet egységesen jellemezni. A talaj felső 20 cm-es rétegének térfogattömege 1,1–1,4 g/cm³ között változik szintén a tábla mintázatához igazodóan. A szántóföldi vízkapacitás térfogatszázalékban megadott értéke ebben a rétegben 0,50±0,05. A tábla észak-nyugati sarkában, ahol a tengerszint feletti magasság a legalacsonyabb (121,5 m), a szántóföldi vízkapacitás (pF=2,3), a nehezen felvehető talajvíz (pF=3,4) és a hervadáspon (pF=4,2) értékek a Szigetköz ártéri területeire jellemző tulajdonságokat mutatják. Ezek értékei: szántóföldi vízkapacitás 48,63; nehezen felvehető talajvíz 41,26, és hervadáspon 25,25. Ezzel szemben a tábla magasabban elhelyezkedő részein (tengerszint feletti magasság 123,5 m) a Szigetköz mezőgazdasági művelés alatt álló területeinek megfelelő hidrológiai határértékek jellemzők: szántóföldi vízkapacitás 30,29; nehezen felvehető talajvíz 15,98, és hervadáspon 9,71 (Nagy 2004).

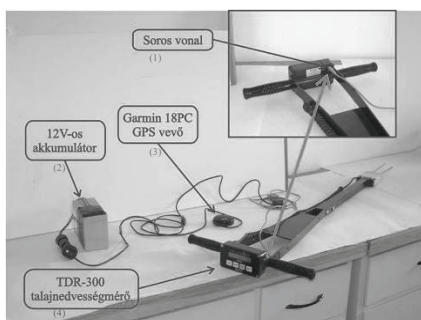
A lehullott csapadékmennyiségek értékeit NymE MÉK Meteorológiai Állomásának mérései alapján vizsgáltuk. A 2009-es év a sokéves átlaghoz (1981–2010) viszonyítva június és július hónapokban kiugróan csapadékos volt. Június hónapban összesen 135 mm eső esett, ami a sokéves átlag (66,8 mm) kétszerese. A méréseket megelőző 10 napban a területen 45,6 mm csapadék hullott, ami a havi csapadékmennyiség (75,9 mm) 60%-a, a sokéves átlagának (60,7 mm) pedig 75%-a. A csapadékos időjárásnak köszönhetően az alacsonyabban fekvő területeken telítettséghez közeli talajnedvesség tartalomra számítottunk.

A talajnedvesség és elektromos vezetőképesség méréseket Mosonmagyaróváron 2009. július 28-án, közvetlenül a betakarítást követően, búzatarlón végeztük a már említett kísérleti táblán. A talajnedvesség meghatározásának technikáját és a kapott eredmények összehasonlítását korábban több szerző is publikálta (Rajkai és Rydén 1992, Rajkai 1993, Nagy et al. 2008). A talajnedvesség-térkép készítéséhez Spectrum TDR-300 típusú talajnedvesség mérőt használtunk. A készülék TDR (Time Domain Reflectometry) mérési elv alapján határozza meg a térfogat-százalékos (volumetrikus) talajnedvesség-tartalmat.

A terepi gyorsmérő – azonnali adatot szolgáltató – berendezések között napjainkban ezek az eszközök biztosítják a legpontosabb mérést. A mérési felbontás 1%, a műszer pontossága <3%, mérési tartománya 0–50%. A készülék a nedvességtartalom mellett a mérés helyének koordinátáit is eltárolja, amennyiben a soros vonalon egy GPS-vevőből NMEA-0183 formátumú jelet érzékel. A beépített memória kapacitása 1350 mérés GPS koordinátákkal, illetve 3250 mérés GPS koordináták nélkül.

A talajnedvesség méréséhez a GPS-antennát egy hátizsákra épített árbocrúd tetejére helyeztük (1. ábra). A TDR-300 készülékhez 20 cm-es mérőtűskét használtunk, ez határozta meg a mérési mélységet. A talajnedvesség-mérés során bejártuk a vizsgált táblát, és 5–10 m-es távközönként leszúrtuk a TDR-300 mérőeszközt a talajba, majd az adatokat tároltuk. A mintavételezés során minden esetben a munkagépek nyomközeiben végeztük a mérést, annak elkerülése érdekében, hogy a munkagépek talajtaposása okozta eltérő talajtömörödöttség ne befolyásolja a kapott értékeket. A TDR-300 mérési eredményeit elfogadtuk, mivel előzetes vizsgálatainkban a területen 20 pontban vett bolygatatlan talajminta alapján meghatároztuk a talaj gravimetrikus nedvességtartalmát. A szárítószekrényes és a TDR nedvességadatok között szoros összefüggést találtunk, az R^2 értéke 0,88. Ezek alapján a TDR-300 műszert kalibrálnak tekintettük.

1. ábra. A Spectrum TDR-300-as talajnedvesség mérő felépítése és alkalmazása



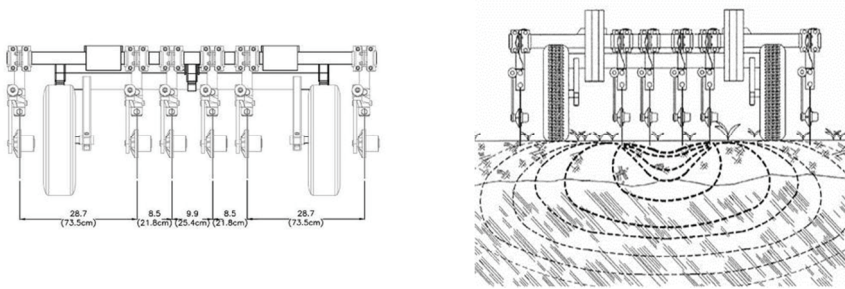
Fotók: Deákvári József

Figure 1. The construction and usage of Spectrum TDR 300 soil moisture probe. (1) Serial line, (2) 12V battery, (3) Garmin 18PC GPS receiver, (4) TDR-300 soil moisture probe.

Photos: J. Deákvári

A talajnedvesség-méréssel egyidőben a Veris-3100 típusú eszközzel (2. ábra) a táblát bejárva felmértük a talaj fajlagos elektromos vezetőképességét. A Veris-3100 mérőberendezés legfontosabb eleme a 6 db $\varnothing 430$ mm átmérőjű mérőtárcsa, melyek elektromosan szigeteltek minden más részegységtől. A tárcsák szimmetrikus elrendezésűek. A berendezés 0–30 cm és 0–90 cm mélységben egy időben méri a talaj fajlagos elektromos vezetőképességét. Jelen tanulmányban kizárólag a 0–30 cm mélységben mért adatokat használtuk fel. A működéshez DGPS üzemmódban dolgozó GPS-vevő szükséges. A Veris-3100 a mért adatokat másodpercenként tárolja. Rögzítésre kerülnek a mérés koordinátái is. A mérés végén számítógépre menthetők az adatok.

2. ábra. A Veris 3100 mérőműszer felépítése és működési elve



Ábrák: Veris Technologies

Figure 2. Functional principle and construction of Veris 3100.

Figures: Veris Technologies

A Veris-3100 műszert traktorral vontattuk (3. ábra). Mérés közben egy Trimble AgGPS 114 sorvezetőt használtunk, mely biztosította a GPS koordinátákat a készüléknek, és egyúttal sorvezetőként is működött. A mérés 18–20 km/h sebességgel történt, emiatt kb. 5 méterenként kaptunk mért adatot. A beállított sorköz távolság 5 m volt, aminek eredményeként kb. 5 m×5 m-es távolságokban került sor egy-egy mérési adat eltárolására. A sorvezetővel a mérés kezdetén felvettünk a tábla egyik szélén egy A-B egyenest, ezután az AgGPS sorvezető segítette a járművezetőt az egyenes mentén való haladásban, valamint a fordulóknál. A kemény talaj és a vontatmány kis súlya miatt mérés közben pótsúlyozást alkalmaztunk.

3. ábra. A Veris 3100 fajlagos vezetőképesség mérő használat közben



Fotók: Balla István

Figure 3. Veris 3100 Electrical Conductivity meter in use.

Photos: I. Balla

A mérés végén mindkét mérőműszerből áttöltöttük az adatokat egy számítógépre, a további adatfeldolgozást Excel, MINITAB, EHT2, illetve ArcGIS programokkal végeztük.

Először a két méréssorozat adatait összefűzés után Excel-be importáltuk, a statisztikai elemzést a MINITAB program segítségével végeztük el. Az adatsorokból a kiugró értékeket a Biometria könyv (Baráth *et al.* 1996) 57. oldalán ismertetett eljárással dolgoztuk fel. A MINITAB programmal meghatároztuk az első és harmadik kvartiliseket (Q1, Q3), a kettő különbsége az interkvartilis távolság. Kiugró értéken az adatsor olyan értékeit értjük, mely az adatsor többi értékéhez viszonyítva túl nagy, vagy túl kicsi. Felismeréséhez az első kvartilis értékéből kivontuk, illetve a harmadik kvartilis értékéhez hozzáadtuk a másfélszeres interkvartilis távolságot (IQR). Kiugró értékeknek tekintettük, ha a mért érték az X_{min} alatt, illetve az X_{max} fölött volt. Az X_{min} és X_{max} értékek között kapott intervallumot fogadtuk el. Ezzel az eljárással kiugró értékektől mentes adatsorokat kaptunk.

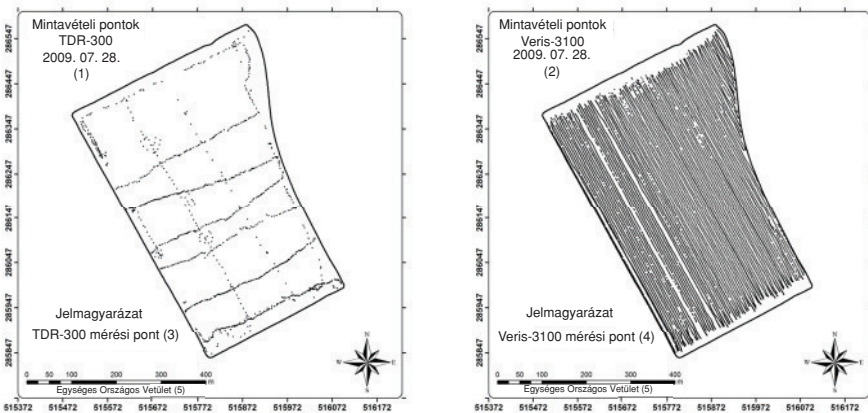
Mivel az általunk használt GPS-ek a nedvesség és vezetőképesség adatokhoz WGS84 (World Geodetic System) földrajzi koordinátákat társítottak, azokat az EHT2 programmal átkonvertáltuk a Magyarországon polgári térképezésben használatos EOVS (Egységes Országos Vetület) koordináta rendszerbe. A mentett adatokat beolvastuk az ArcGIS ArcMap 9.2 programmal, és IDW (Inverse Distance Weighting) interpolációs eljárással készítettük a terület talajnedvesség és elektromos vezetőképesség térképét.

Kísérleti eredmények értékelése, megvitatása

A 4. ábrán a kísérletben használt két mérőműszer mintavételi helyeit láthatjuk a vizsgált mezőgazdasági tábla határain belül.

Az ábrán jól kivehető, hogy a kézzel végzett, terepi bejárással történő TDR-300-as talajnedvesség-mérésnél a mintavételi pontok száma csupán töredéke a Veris 3100-as elektromos vezetőképesség-mérő adatainak. A kiugró értékek leválogatása után 1090 db talajnedvesség és 13 230 db vezetőképesség értéket hasonlítottunk össze. Elmondható tehát, hogy a Veris 3100 on-line eszköz egy nagyságrenddel több és jóval egyenletesebb térbeli eloszlású adatot gyűjtött, mint a másik műszer.

4. ábra. A TDR-300 és a Veris 3100 mintavételi pontjai



Ábrák: Milics Gábor

Figure 4. Sampling points of TDR-300 and Veris 3100. (1) Sampling points, TDR-300, 28/07/2009, (2) Sampling points, Veris-3100, 28/07/2009, (3) Legend, TDR-300 sampling point, (4) Legend, Veris-3100 sampling point, (5) Official Hungarian map projection.

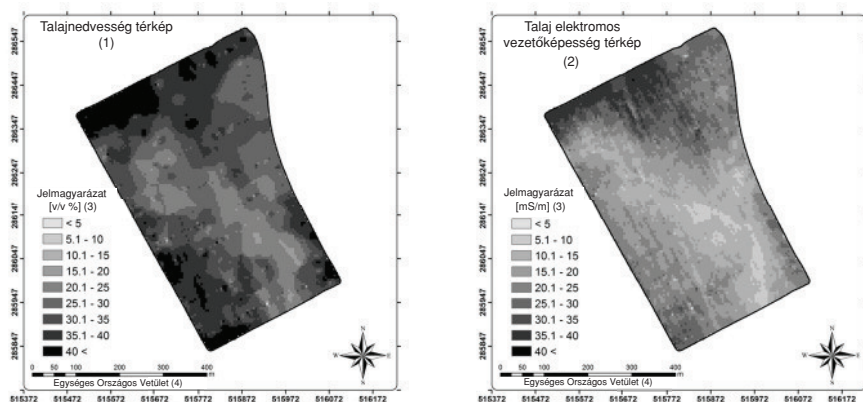
Figures: G. Milics

A mért adatok és a hozzájuk tartozó EOV-koordináták alapján készített térképeket az 5. ábra szemlélteti.

Az ábrát alaposan szemügyre véve azt látjuk, hogy a két műszer eredményei alapján készített térképek nagyban hasonlítanak egymásra, hiszen ugyanazt a mintázatot mutatják. Mindkét térkép a mintavételi helyek adatainak interpolációjával készült, melynek léptéke 5 m volt. A hasonlóság alapján feltételeztük,

hogy a talajnedvesség közvetett meghatározására a Veris 3100-zal végzett elektromos vezetőképesség-mérés alkalmas. Ennek következtében az időigényes, terepi bejárással járó kézi mintázás helyettesíthető a jóval egyszerűbb, gyorsabb, és nagyobb mintaszámot produkáló, ezáltal reprezentatívabb méréssel. Erre alapozva statisztikailag is igazolni szeretnénk volna a két mérési metodika közötti összefüggést.

5. ábra. A talajnedvesség és az elektromos vezetőképesség térképe
(ArcGIS ArcMap 9.2)



Ábrák: Milics Gábor

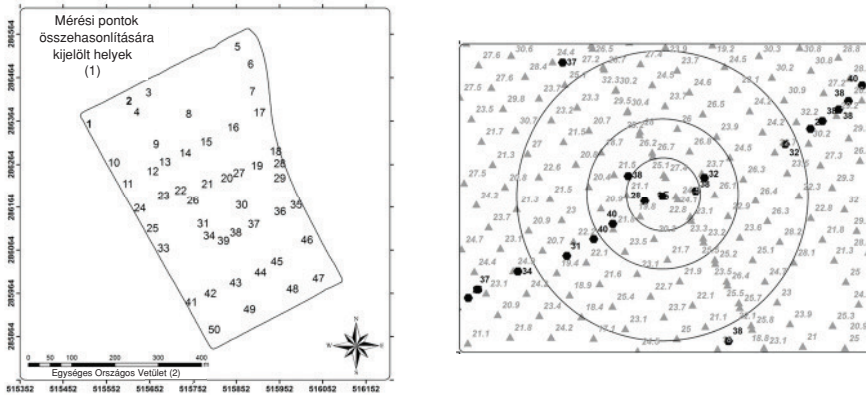
Figure 5. Soil moisture and electrical conductivity maps (ArcGIS ArcMap 9.2). (1) Soil moisture map, (2) Soil electrical conductivity map, (3) Legend, (4) Official Hungarian map projection.

Figures: G. Milics

Eltérő mérések statisztikai összehasonlításának egyik alapvető feltétele, hogy a különböző mérési módok adatai ugyanahhoz a mintavételi helyhez tartozzanak. Mivel a mérések során a két eredmény sorozat értékei között alig volt pontosan megegyező koordinátájú, ezért 50 db mintaterületet határoztunk meg. Az 50 db 1 m átmérőjű kört tekintettük alappontnak, ahogy azt a 6. ábra mutatja. Ez olyan kisméretű terület, hogy sok helyen a Veris 3100 sűrű mérési eredményeihez nem is tartozott talajnedvesség adat a kör területén belül. Ezért az alapterület köré különböző méretű (5 m, 10 m, 20 m) pufferezónákat (számítási körök=SZK) helyeztünk és az ezek határain belül található mért értékeket vizsgáltuk (6. ábra). Az így keletkezett 11 m, 21 m és 41 m átmérőjű számítási körökön belül található adatokat átlagoltuk, a kapott értékeket kor-

reláció- és regresszió-analízissel hasonlítottuk össze. A mintaterületeket úgy helyeztük el, hogy a ritkábban felvételezett talajnedvesség nyomvonalat kövessék, ezáltal elegendő talajnedvesség adat álljon rendelkezésre az összehasonlításhoz.

6. ábra. A mintaterületek elhelyezkedése és a számítási körök kialakítása



Ábrák: Milics Gábor

Figure 6. Location of sample areas and form of computational rings. (1) Areas designated for the comparison of sampling points, (2) Official Hungarian map projection.

Figures: G. Milics

A statisztikai elemzéshez használt adatokat (6. ábra) az 1. táblázat tartalmazza. A különböző területnagyságtól függően egy méréstípushoz több eredmény tartozott. A táblázat az egyes zónákon belül található mérési eredmények átlagértékét tartalmazza. A vizsgálat során 50 mintaterületet jelöltünk ki, így a táblázatban 50 sor szerepel. A 40. számítási kör adatai statisztikailag nem voltak feldolgozhatók, ezért a sor nem szerepel a táblázatban.

A vizsgált számítási köröket úgy helyeztük el, hogy minden esetben – még a legkisebb vizsgált területre is – legalább 3 talajnedvesség-mérési pont kerüljön. A fajlagos elektromos vezetőképesség mérési módszeréből adódóan az egyes számítási körökre eső adatok száma minden esetben meghaladta a hármat.

A mérések megfelelő értékpárjai közötti korreláció az 5 m sugarú körben $r=0,88$; a 10 m sugarú körben $r=0,86$; 20 m-nél pedig $r=0,89$ volt. A korreláció vizsgálata után regresszió-analízissel hasonlítottuk össze az adatsorokat, melynek eredményeit a 7. ábra mutatja be. A különböző méretű számítási körökre szintén külön-külön végeztük el a vizsgálatot.

1. táblázat. A TDR-300 és a Veris 3100 mérőszorozatának átlagértékei
a megfelelő pufferezónákon belül

SZK= Számítási Kör száma (1)	Talaj- nedvesség	El. vezető- képesség	Talaj- nedvesség	El. vezető- képesség	Talaj- nedvesség	El. vezető- képesség
	TDR-300	Veris 3100	TDR-300	Veris 3100	TDR-300	Veris 3100
	SZK=5m	SZK=5m	SZK=10m	SZK=10m	SZK=20m	SZK=20m
(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
1	44,00	34,21	44,29	35,45	42,08	35,10
2	45,00	37,75	44,50	38,03	44,88	34,91
3	45,50	39,70	45,50	37,24	45,80	37,21
4	43,00	28,80	44,50	28,28	40,00	28,88
5	32,00	25,70	36,33	26,88	37,69	25,88
6	28,00	22,53	29,25	21,38	27,54	21,93
7	29,33	19,75	29,00	18,69	29,80	20,40
8	37,00	29,60	38,00	32,15	38,00	31,55
9	26,00	17,32	24,33	16,18	27,31	15,68
10	34,16	20,95	34,16	20,16	31,60	19,61
11	30,00	21,60	32,75	23,16	33,00	22,36
12	21,33	13,50	21,50	13,91	24,10	14,50
13	23,50	18,14	23,57	16,75	24,31	15,49
14	29,00	21,80	30,40	21,51	29,00	20,55
15	30,00	23,67	34,67	23,98	34,88	23,98
16	28,50	23,03	28,40	27,25	30,33	27,10
17	25,00	20,10	27,40	23,01	28,57	23,40
18	27,00	19,45	26,89	19,23	27,07	17,88
19	26,67	13,70	28,71	13,98	28,00	15,02
20	26,75	17,68	27,00	17,28	27,64	16,73
21	29,67	15,25	29,00	15,85	26,91	15,03
22	23,50	12,28	24,11	11,60	23,50	12,74
23	25,67	12,20	25,88	13,26	23,38	13,51
24	34,91	22,25	33,19	20,87	32,33	20,59
25	34,00	22,47	34,00	22,55	36,25	21,03
26	24,00	11,03	23,00	11,41	24,90	12,75
27	34,67	22,30	36,43	19,85	34,33	19,04

Az. 1. táblázat folytatása a következő oldalon...

Az. 1. táblázat folytatása

SZK= Számítási Kör száma (1)	Talaj-	El. vezető-	Talaj-	El. vezető-	Talaj-	El. vezető-
	nedvesség	képesség	nedvesség	képesség	nedvesség	képesség
	TDR-300	Veris 3100	TDR-300	Veris 3100	TDR-300	Veris 3100
	SZK=5m	SZK=5m	SZK=10m	SZK=10m	SZK=20m	SZK=20m
(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
28	25,00	15,10	29,60	14,94	27,91	15,29
29	29,50	18,00	28,80	13,66	26,67	12,41
30	22,00	10,97	23,33	11,51	23,33	11,18
31	32,50	19,88	32,86	18,04	31,18	17,55
32	29,60	22,33	31,25	21,89	33,65	20,85
33	30,25	22,14	34,80	21,59	34,32	21,00
34	28,00	18,76	29,50	16,82	28,13	16,40
35	36,00	22,35	37,00	22,11	36,55	21,60
36	24,50	12,57	25,25	13,54	28,00	14,07
37	24,00	11,52	22,40	11,10	22,00	10,51
38	27,75	13,14	26,50	12,72	25,38	12,37
39	25,50	14,98	32,40	15,64	29,40	14,92
41	33,57	21,06	35,00	21,96	36,74	22,40
42	33,33	22,60	32,63	22,53	39,24	21,73
43	29,63	15,04	27,71	16,44	31,88	18,67
44	29,00	20,05	28,33	18,88	30,47	18,03
45	25,67	14,89	25,64	14,80	26,10	14,13
46	26,50	17,45	31,00	18,42	32,35	18,86
47	33,50	19,12	35,23	18,27	34,16	18,18
48	21,88	9,85	21,59	9,94	23,19	10,16
49	35,00	19,71	33,92	18,30	34,08	19,30
50	33,67	27,71	35,45	28,11	38,09	28,36
Szórás (8)	5,873391	6,511658	6,032183	6,644123	5,82494	6,403062
Átlag (9)	30,09204	19,91796	30,95816	19,81837	31,14327	19,60857
CV (10)	0,195181	0,326924	0,19485	0,335251	0,187037	0,326544

Table 1. Average values of TDR-300 and Veris 3100 measurements in the convenient buffer zones (Part 1). (1) Number of computational rings, (2) Average data of soil moisture in 5 m buffer zone, (3) Average data of electrical conductivity in 5 m buffer zone, (4) Average data of soil moisture in 10 m buffer zone, (5) Average data of electrical conductivity in 10 m buffer zone, (6) Average data of soil moisture in 20 m buffer zone, (7) Average data of electrical conductivity in 20 m buffer zone, (8) Scattering, (9) Mean, (10) Coefficient of variation.

7. ábra. Az egyes pufferezónák talajnedvesség (θ) és fajlagos elektromos vezetőképesség (EC) adatainak összehasonlítása

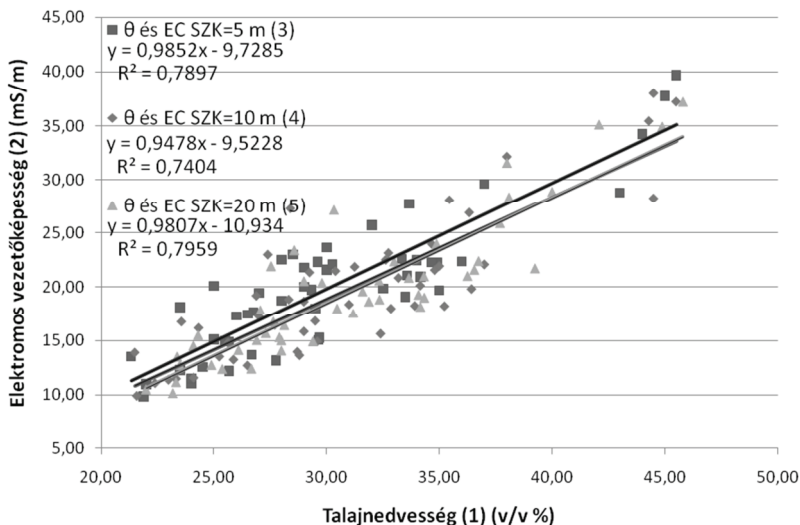


Figure 7. Data comparison of different buffer zones. (1) Soil moisture content (θ), (2) Electrical conductivity (EC), (3) Correlation between soil moisture and electrical conductivity in 5 m buffer zone, (4) Correlation between soil moisture and electrical conductivity in 10 m buffer zone, (5) Correlation between soil moisture and electrical conductivity in 20 m buffer zone.

Az ábrán jól látható, hogy a talajnedvesség és az elektromos vezetőképesség között az öt méteres számítási körön belül a kapcsolat szoros, $R^2=0,7897$. Ez a terület még mindig meglehetősen kicsi, így az egyes mért értékek a körön belül egymáshoz közel találhatók, alig változnak, kicsi a szórásuk, és az átlaghoz közel helyezkednek el. A kapcsolat a két méréstípus között a 10 m-es számítási kört tekintve kevésbé szoros, $R^2=0,7404$. Ebben az esetben a pufferezóna területe megnőtt, több mérési pont került bele, és megnöttek a mérések közti távolságok. A nagyobb távolságok miatt megnőtt a mérések szórása. A harmadik esetben, a 20 m-es számítási kör esetében kaptuk a legjobb eredményt: $R^2=0,7959$. Ennek a zónának a legnagyobb a területe, itt található a legtöbb mérési pont és legnagyobbak a mérési távolságok. Itt kaptuk a legnagyobb szórásértékeket is, de ennek ellenére ebben a viszonylatban a legszorosabb a nedvesség és vezetőképesség közötti kapcsolat. Ennek az oka valószínűleg a mérési adatok nagyobb száma és az ebből számolt – a végeredmény szempontjából reprezentatívabb – átlagérték. Ekkora területen már nagyobb lehet a térbeli változás mind pozitív, mind negatív irányban.

Következtetések

Precíziós gazdálkodásban a termőhely alapos ismerete minden mezőgazdasági beavatkozás elengedhetetlen feltétele, hiszen egy növénykultúra termésének nagyságát a genetikai, az ökológiai és a termesztéstechnológiai tényezők együttes hatása befolyásolja, ami táblán belül is jelentősen változhat a mikro-termőhelyi viszonyok függvényében. Kísérletünkben a talajnedvesség – mint az egyik legfontosabb termést befolyásoló tényező – mérésének alternatív lehetőségét vizsgáltuk. Eredményeink alapján elmondható, hogy a terepi bejárással történő, kézi talajnedvesség mérés (hat óra mérési idő alatti 1100 db adat) helyettesíthető a talaj fajlagos elektromos vezetőképességének feltérképezésével. A Veris 3100 fajlagos elektromos vezetőképesség mérő megfelelő körülmények között alkalmas a talaj nedvességtartalmának közvetett meghatározására. A precíziós mezőgazdaság megvalósításához elengedhetetlen, hogy az adott táblán belüli talajnedvességbeli eltéréseket minél nagyobb térbeli pontossággal határozzuk meg. Ehhez az általunk használt Veris 3100 adatsűrűsége (négy óra mérési idő alatti 13 300 db adat) megfelel. Ezek az adatgyűjtési eljárások a precíziós gazdálkodás igényeit (vizsgált paraméter értéke és térbeli pozíciója) kielégítik, ugyanakkor a konvencionális növénytermesztés gazdálkodási gyakorlatába is beilleszthetők. A statisztikai összehasonlításnál jelentkező probléma megoldására (vagyis, hogy a TDR-300 és a VERIS-3100 adataihoz nem azonos koordináták tartoznak) különböző átmérőjű számítási köröket használtunk. A vizsgált területen a fajlagos elektromos vezetőképesség és a talaj térfogat-százalékos nedvességtartalma között szoros összefüggést találtunk. Ennek alapján kijelenthetjük, hogy közvetett módszerrel megvalósítható a kvázi valós idejű talajnedvesség mérés. További kísérletek szükségesek annak megállapítására, hogy a talajnedvesség és az elektromos vezetőképesség közötti kapcsolat hogyan változik az egyes talajtípusok, fizikai talajfelelések és a talaj egyéb tulajdonságainak függvényében.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki a Szent István Egyetem Növénytermesztési Intézetének, a Nyugat-magyarországi Egyetem Biológiai Rendszerek Műszaki Intézetének és Meteorológiai Kutatócsoportjának, valamint a Vidékfejlesztési Minisztérium Mezőgazdasági Gépesítési Intézetének kutatásunkhoz szükséges

adat-, eszközállomány biztosításáért és segítségükért. Szerzők továbbá köszönetüket fejezik ki a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíj, valamint a TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0006 kutatási projekt támogatásáért.

IRODALOM

- Antal J.*: 2000. Növénytermesztők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Baráth Cs.–Ittész A.–Ugrósdý Gy.*: 1996. Biometria. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Birkás M.*: 2010. Talajművelők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Borgefors, G.*: 1986. Distance transformations in digital images. *Computer Vision, Graphics and Image Processing*. 43: 3.
- Boone, F. R.*: 1988. Weather and other environmental factors influencing crop responses to tillage and traffic. *Soil Tillage Res.* 11: 283–324.
- Chakraborty, D.–Nagarajan, S.–Aggarwal, P.–Gupta, V. K.–Tomar, R. K.–Garg, R. N.–Sahoo, R. N.–Sarkar, A.–Chopra, U. K.–Sundara Sarma, K. S.–Kalra, N.*: 2008. Effect of mulching on soil and plant water status, and the growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) in a semi-arid environment. *Agricultural Water Management*. 95. 12: 1323–1334.
- Corwin, D. L.–Lesch, S. M.*: 2003. Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: theory, principles and guidelines. *Agron J.* 95: 455–71.
- Domitruk, D. R.–Duggan, B. L.–Fowler, D. B.*: 2000. Soil water use, biomass accumulation and grain yield of no-till winter wheat on the Canadian prairies. *Canadian Journal of Plant Science*. 80. 4: 729–738.
- Hartsock, N. J.–Mueller, T. G.–Thomas, G. W.–Barnhisel, R. I.–Wells, K. L.–Shearer, S. A.*: 2000. Soil electrical conductivity variability. [In: Robert, P. C. et al. (eds.) *Proc. 5th international conference on precision agriculture.*] Madison, WI: ASA Misc. Publ., ASA, CSSA, and SSSA.
- Hemmat, A.–Eskandari, I.*: 2004. Conservation tillage practices for winter wheat – fallow farming in the temperate continental climate of northwestern Iran. *Field Crop Res.* 89: 123–133.
- Kang, S.–Zhang, L.–Liang, Y.–Dawes, W.*: 2003. Simulation of winter wheat yield and water use efficiency in the Loess Plateau of China using WAVES. *Agricultural Systems*. 78. 3: 355–367.
- Késmárki I.–Halupa L.–Palkovits G.*: 1993. Erdőtársulás és szántóföldi növénytermesztés kapcsolata a vízzel. Symposium „Wasser im Pannonischem Raum”, Sopron. 197–203.
- Kotropoulos, A.*: 2010. Efficient laplacian feature mappyrnyds in a hexagonal grid system. [In: *Image processing for bometrics.*] Proceedings of the ICASSP 2010. gitl.sysu.edu.cn/papers/icassp2010/HTML/SessionIndex.html
- Kravchenko, A. N.–Bullock, D. G.*: 2000. Correlation of corn and soybean gain yield with topography and soil properties. *Agron J.* 92: 75–83.

- Lampurlanes, J.–Angas, P.–Cantero-Martinez, C.*: 2002. Tillage effects on water storage during fallow, and on barley root growth and yield in two contrasting soils of the semi-arid Segarra region in Spain. *Soil Tillage Res.* 65: 207–220.
- Lawes, R. A.–Oliver, Y. M.–Robertson, M. J.*: 2009. Integrating the effects of climate and plant available soil water holding capacity on wheat yield. *Field Crops Res.* 113. 3: 297–305.
- Li, Q.–Dong, B.–Qiao, Y.–Liu, M.–Zhang, J.*: 2010. Root growth, available soil water, and water-use efficiency of winter wheat under different irrigation regimes applied at different growth stages in North China. *Agricultural Water Management.* 97. 10: 1676–1682.
- Milne, B. T.*: 1991. Heterogeneity as a multiscale characteristic of landscapes. [In: Kolasa, J.–Pickett, S. T. A. (eds.) *Ecological heterogeneity Ecological studies*. Springer-Verlag. New York. NY: 86: 69–84.
- Nagy V.*: 2004. Termőhely-specifikus növénytermesztés hidrológiai alapjai, különös tekintettel Csallóközre és Szigetközre. Doktori (Ph.D.) értekezés. Mosonmagyaróvár. 183.
- Nagy, V.–Štekauerová, V.–Neményi, M.–Milics, G.–Koltai, G.*: 2007. The role of soil moisture regime in sustainable agriculture in both sides of river Danube in 2002 and 2003. *Cereal Res. Commun.* 35: 821–824.
- Nagy, V.–Štekauerová, V.–Milics, G.–Lichner, L.–Neményi, M.*: 2008. Harmonisation of different measuring methods of soil moisture used in Žitný Ostrov (SK) and Szigetköz (HU). *Cereal Res. Commun.* 36: 1475–1478.
- Nyiri L. (szerk.)*: 1993. Földműveléstan. Mezőgazda Kiadó. Budapest.
- Palkovits G.–Schummel P.*: 1992. Növénytermesztési kutatási eredmények a Szigetközben. *Acta Ovariensis.* Mosonmagyaróvár. 34: 75–87.
- Pepó P.*: 2009. Eltérő évjáráttípusok és agrotechnikai tényezők interaktív hatása az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) termésére. *Növénytermelés.* 58. 2: 107–122.
- Rádics J.–Jóri J. I.–Szabó I.–Deákvári J.–Kovács L.*: 2006. Intelligens munkagépek tervezési-üzemeltetési feltételei. MTA–AMB K+F Tanácskozás. Gödöllő. 1: 11–15.
- Rádics J.–Jóri J. I.–Szabó I.*: 2008. A különböző művelések hatása a talaj elektromos vezetőképességére. MTA–AMB K+F Tanácskozás. Gödöllő. 1. kötet.
- Rajkai K.*: 1993. A talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak vizsgálati módszerei. [In: Búzás I. (szerk.) *Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 1., A talaj fizikai, vízgazdálkodási és ásványtani vizsgálata.*] INDA 4321 Kiadó. Budapest. 115–160.
- Rajkai, K.–Rydén, B. E.*: 1992. Measuring areal soil moisture distribution with TDR method. *Geoderma.* 52: 73–85.
- Sharma, B. D.–Kar, S.–Jalota, S. K.*: 1993. Effect of irrigation and nitrogen on root growth and prediction of soil-water profiles in wheat (*Triticum aestivum*). *Indian J. Agric. Sci.* 63: 8–13.
- Sharma, B. D.–Kar, S.–Sarkar, S.*: 1997. Calibration of a water uptake simulation model under varying soil moisture regime and nitrogen level for wheat crop. *Agricultural and Forest Meteorology.* 83. 1–2: 135–146.
- Shen, S. H.–Gao, W. Y.–Li, B. B.*: 1999. Water consumption and its impact on yield of winter wheat in Xifeng. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology.* 22. 1: 88–94.

- Stefanovits P.*: 1975. Talajtan. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- Štekauerová, V.–Nagy, V.–Kotorová, D.*: 2006. Soil water regime of agricultural field and forest ecosystems. *Biologia*. 61. 19:
- Su, Z.–Zhang, J.–Wu, W.–Cai, D.–Lu, J.–Jiang, G.–Huang, J.–Gao, J.–Hartmann, R.–Gabriels, D.*: 2007. Effects of conservation tillage practices on winter wheat water-use efficiency and crop yield on the Loess Plateau, China. *Agricultural Water Management*. 87. 3: 307–314.
- Šútor, J.–Štekauerová, V.–Nagy, V.–Rodný, M.–Šurda, P.–Milics, G.–Neményi, M.*: 2009. Agricultural ecosystems protection by the soil water regime stabilization. 5th Crop Production Science Day. Akadémiai Kiadó. Keszthely. 209–212.
- Tao, S.*: 1998. Factor score mapping of soil trace element contents for the Shenzhen area. *Water Air Soil Pollut.* 102: 415–25.
- Várallyay Gy.*: 2004. Talaj az agro-ökoszisztémák alap-eleme. *AGRO-21 Füzetek*. 37: 33–49.
- Várallyay Gy.*: 2007. A talaj szerepe a csapadék-szélsőségek kedvezőtlen hatásainak mérséklésében. [In: Országos Környezetvédelmi Konferencia és Szakkiállítás.] Balatonfüred, 2007. okt. 15–17. Tanulmánykötet. MTESZ. Székesfehérvár. 125–135.
- Várallyay Gy.*: 2008. A talaj szerepe a csapadék-szélsőségek kedvezőtlen hatásainak mérséklésében. *KLÍMA-21 Füzetek*. 52: 57–72.
- Williams, B. G.–Hoey, D.*: 1987. The use of electromagnetic induction to detect the spatial variability of salt and clay contents of soils. *Aust. J. Soil Res.* 25: 21–7.

A szerzők levelezési címe – Address of the authors:

Balla István–Dr. Jolánkai Márton
Szent István Egyetem MKK Növénytermesztési Intézet
Gödöllő
Páter Károly u. 1.
H-2103

Deákvári József – Fenyvesi László
Vidékfejlesztési Minisztérium Mezőgazdasági Gépesítési Intézet
Gödöllő
Tessedik Sámuel u. 4.
H-2100

Dr. Milics Gábor–Dr. Neményi Miklós
Nyugat-magyarországi Egyetem MÉK
Biológiai Rendszerek Műszaki Intézete
Mosonmagyaróvár
Vár 2.
H-9200