



SZENT ISTVÁN EGYETEM

Gödöllő

**Búzafajták nitrogén műtrágya reakciójának
kisparcellás- és a talaj víztartalmának precíziós
elemzése**

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Balla István

Gödöllő

2016

A doktori iskola

megnevezése: Növénytudományi Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési- és Kertészeti

vezetője: Dr. Helyes Lajos

egyetemi tanár, MTA doktora

**Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és
Környezettudományi Kar**

Kertészeti Technológiai Intézet

témavezető: Dr. Jolánkai Márton

egyetemi tanár, MTA doktora

**Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és
Környezettudományi Kar**

Növénytermesztési Intézet

.....

Az iskolavezető jóváhagyása

.....

A témavezető jóváhagyása

Tartalomjegyzék

1.	A munka előzményei, a kitűzött célok	4
2.	Anyag és módszer	6
2.1.	A kisparcellás kísérlethez használt anyagok és módszerek.....	6
2.1.1.	A kísérleti terület agroökológiai jellemzői.....	6
2.1.2.	A kísérlet beállítása, fenntartása és kezelései.....	7
2.1.3.	Adatok statisztikai elemzése	8
2.2.	A precíziós kísérlethez használt anyagok és módszerek	8
2.2.1.	A kísérleti terület agroökológiai jellemzői, mintavételi időpontok.....	8
2.2.2.	A mintavételi pontok elhelyezkedése, eloszlása	10
2.2.3.	Vizsgálati módszerek	12
2.2.4.	Adatok kezelése, statisztikai elemzés.....	13
3.	Eredmények.....	14
3.1.	A kisparcellás kísérlet eredményei (2008-2011).....	14
3.2.	A precíziós kísérlet eredményei (2009, 2011, 2012).....	17
3.3.	Új tudományos eredmények	22
4.	Következtetések és javaslatok.....	23
4.1.	A kisparcellás kísérlet tanulságai	23
4.2.	A talajnedvesség vizsgálatának tanulságai	24
5.	Tudományos publikációk	26

1. A munka előzményei, a kitűzött célok

Napjainkban az emberiség létszáma megközelítette a 7,4 milliárd főt. A Német Világnépesedési Alapítvány (DSW – Deutsche Stiftung Weltbevölkerung) adatai szerint csupán 2015-ben mintegy 83 millióval nőtt a népesség Földünkön. A növekvő népességszám pedig megkívánja az élelmiszertermelés hatásfokának, ezáltal volumenének növelését, valamint az előállított élelmiszer minőségének javítását is. A probléma megoldásának, mérséklésének egyik kiútja lehet a precíziós vagy helyspecifikus mezőgazdaság (precision farming, site-specific crop management), amely a termelés hatékonyságának növelését tűzte ki célul a környezetvédelem vonatkozásait szem előtt tartva, valamint az elérhető legfejlettebb technológiát alkalmazva.

A precíziós gazdálkodás mellett napjainkban is fontos szerepet kapnak a kisparcellás fajta-összehasonlító, talajművelési, növényvédelmi és növénytáplálási tartamkísérletek. Ezek eredményeként termőhelyi viszonyokhoz illeszthető a fajtaválasztás, valamint a teljes termesztéstechnológia is. Ezek a szabadföldi kísérletek ritkán identifikálnak kapcsolatot a fizikai környezet és a termés között, így hely-specifikusak, az egyik helyen kapott eredmények ritkán alkalmazhatók más termőhelyei viszonyok között. Az agronómia eltérő területeinek – amelyek kutatják azokat a mechanizmusokat, melyek összekapcsolják a vizet, a talajt és a növényt – fontos funkciója a szántóföldi kísérleti eredmények kiterjesztése (*Berzsenyi, 2009*).

Doktori disszertációm készítésekor két témakört vizsgáltam:

Az első kutatásban a Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Növénytermesztési Intézetének kisparcellás őszi búza fajta-összehasonlító N-trágyázási tartamkísérletében az egyes fajták kijuttatott különböző mennyiségű nitrogén tápanyagra gyakorolt terméseredményeit vizsgáltam négy év viszonylatában. Mivel a termőhely maximális terméspotenciáljának kihasználása a precíziós mezőgazdaság egyik alappillére, ehhez a növények különböző agroökológiai feltételek között produkált hozamának széles körű vizsgálatára van szükség.

Dolgozatom második részében a Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karának Biológiai Rendszerek és Élelmiszeripari Műszaki Intézetével (NymE-MÉK BRMI) közösen végzett

kutatás eredményeit mutatom be, ahol is a magas mintavételi sűrűségű, helyspecifikus talajnedvesség-mérés megvalósítására tettünk kísérletet. A kutatásban a talajnedvesség mérésének két módját, valamint a talaj elektromos vezetőképességének mérését hasonlítottuk össze statisztikailag. Célunk az volt, hogy megvizsgáljuk, van-e összefüggés a talaj nedvességállapota és a fajlagos elektromos vezetőképessége között? Amennyiben a talaj elektromos vezetőképessége alkalmas a talaj nedvességállapotának feltérképezésére, a talajnedvesség mérések gyorsabbá, egyszerűbbé, részletesebbé, költséghatékonyabbá és térben pontosabbá tehetők.

A kutatás célja:

1. Kisparcellás fajta-összehasonlító tartamkísérletek eredményei alapján a kijuttatott növekvő N-adagok őszi búza hozamára gyakorolt hatásának vizsgálata.
2. Osztott adagú N-trágyázás – az egy adagú fejtrágyához képest – termésmenővelő, termémbiztonság fokozó, évhatás mérséklő befolyásának kutatása.
3. Annak vizsgálata, hogy a magas dózisu N-fejtrágya minden esetben magasabb hozamot produkál-e – növelve a termésstabilitást – az alacsonyabb adagú egyszeri és megosztott trágyázással szemben.
4. A különböző évjáratok egyes fajták hozamára gyakorolt hatásainak összehasonlítása a kijuttatott N-adagok viszonylatában.
5. Javaslatok megfogalmazása az egyes évjáratokban elért fajtánkénti hozamok alapján a választható legnagyobb termémbiztonsággal termesztethető fajtákra.
6. Annak igazolása, hogy a talaj fajlagos elektromos vezetőképességének mérése megfelelő számú és eloszlású adatot szolgáltat-e a precíziós gazdálkodásban történő alkalmazhatósághoz.
7. A fajlagos elektromos vezetőképesség nagy felbontású detektálása alapján – heterogén talaj esetében – különböző „menedzsment zónák” kialakítása, ezeknek a későbbiekben egymástól elkülönített kezelése.
8. A talaj fajlagos elektromos vezetőképességének mérése olyan céllal, hogy közvetett módon alkalmazható-e a talaj nedvességi állapotának feltérképezésére és becslésére.

2. Anyag és módszer

2.1. A kisparcellás kísérlethez használt anyagok és módszerek

2.1.1. A kísérleti terület agroökológiai jellemzői

Elhelyezkedés: A Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Növénytermesztési Intézetének kísérleti területe egy mintegy 5 hektár méretű mezőgazdasági tábla. A kisparcellás vizsgálat helyszínéül szolgáló terület Hatvan-Nagygyombos külterületén helyezkedik el, pontosabban az M3-as autópálya, a 21-es számú főútvonal és a Hatvan-Salgótarján vasútvonal határolta háromszögben fekszik (**1. ábra**). A terület tulajdonosa magángazdálkodó.



1. ábra A nagygyombosi kísérleti terület elhelyezkedése (Háttérkép: GoogleEarth)

A terület éves átlaghőmérséklete $10,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, a lehullott éves csapadék mennyisége átlagosan 560-580 mm között alakul.

A vizsgált évek időjárása: A kísérlet első évében (2008) az augusztustól júliusig terjedő időszakban 695,7 mm csapadék hullott a térségben, ami 120-140 mm-rel több a sokéves átlagnál. A kísérlet 2. évének (2009) csapadékkadataira jellemző, hogy összességében az előző évhez képest több mint 200 mm-rel kevesebb (480,3 mm) csapadék hullott. A 2010. év Magyarország viszonylatában extrém csapadékösszeget (799,2 mm) mutatott, mivel a sokéves átlagot jócskán felülmúlta. Az érkező nagy mennyiségű csapadéknak betudhatóan a kísérleti terület nagy részén belvíz alakult ki, amely depresszív módon hatott a növényállományra. A 2011. évben összesen 665,8 mm csapadék hullott a területen, ami az első évhez hasonlóan átlagon felülinek mondható.

Talaj: A kísérleti terület talaja csernozjom-barna erdőtalaj, legfontosabb átlagos talajvizsgálati adatai a következők (2007. augusztus 5.):

szervesanyag tartalom %:	2,65
CaCO ₃ %:	1,86
pH (KCl):	7,30
K _A :	45
P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹):	463 (AL-oldható)
K ₂ O (mg kg ⁻¹):	293 (AL-oldható).
N (mg kg ⁻¹):	0,9 (össz. ásv.)

A talajminták mérési eredményekből jól látszik, hogy a terület foszforral igen jól, káliummal jól ellátott, az alaptrágyázás szerepe csak fenntartó jellegű. A vizsgált talajon a növénytaplálás szempontjából a nitrogénnek van kiemelkedő jelentősége, mivel a makroelemek közül ez áll korlátozott mértékben a növények rendelkezésére.

2.1.2. A kísérlet beállítása, fenntartása és kezelése

Elrendezés: Az általunk beállított őszi búza kisparcellás fajta-összehasonlító kísérlet elrendezése osztott parcellás (spit-plot). Esetünkben a fajta jelentette a főparcella faktort, az egyes műtrágyakezelések pedig az alparcella faktort. Kísérletünkben kisparcellákon 6 nitrogén dózis (kontroll és 5 kezelés) hatását vizsgáltuk 5 fajta esetében 4 ismétlésben.

Fajták: A kísérletben beállított fajták kiválasztásánál a cél az volt, hogy mindegyik nagy terméshozamú, magas fehérje- és sikértartalommal rendelkező fajta legyen, mivel ezek a kijuttatott hatóanyag-dózisokra is könnyebben reagálnak. A fajták között négy martonvásári búza (Mv Csárdás, Mv Magdaléna, Mv Suba, Mv Toborzó) és egy régebbi, de napjainkban is jól helytálló, 1987-ben államilag elismert fajta, az Alföld-90 (későbbiekben Alföld) szerepelt.

Növénytaplálás: A kísérleti téren alaptrágyaként, a vetést megelőzően egységnyi (300 kg ha⁻¹) komplex (N:P:K=15:15:15) műtrágya került kijuttatásra röpitőtárcsás műtrágyaszóró segítségével. A különböző egyadagú (0, 40, 80, 120 kg ha⁻¹) N-dózisokat tavasszal fejtrágyaként, a bokrosodás kezdetén juttattuk ki, a két- vagy három adagú (megosztott fejtrágya: 80+40, 80+40+30 kg ha⁻¹) N-dózisok esetében pedig az elsőt a bokrosodás kezdetén, a másodikat szárbainduláskor, a harmadik nitrogén adagot a zászlós levél megjelenésekor szórtuk ki az állományra. A fejtrágyázás a parcellák kis mérete miatt minden esetben a pontos dózis kimérése után kézzel történt.

Talajművelés: A vetésforgó kívánalmi szerint váltott területet úgy igyekeztünk kiválasztani, hogy az elővetemény mind a négy vizsgált esztendőben azonos legyen, esetünkben szárazabb. A vizsgált időszakban a tarlóhántást követően minden esetben forgatásos alpművelést alkalmaztunk 28-32 cm mélyen, amit hengerrel zártunk le. A magágy készítése minden esetben a vetés előtt közvetlenül történt, rugós kapás kombinátorral.

Vetés: A vetést minden évben az intézet 8 soros önjáró, csúszó csoroszlyás Wintersteiger Plotman (Wintersteiger GmbH., Ried, Ausztria) típusú parcella-vetőgéppel kiviteleztük.

Művelőutak: Az osztott parcellás rendszerben elvetett bokrosodó őszi búza állományban a keresztben húzódó művelőutak kialakítását rotációs kapa segítségével végeztük, tavasszal.

Növényvédelem: A növényvédelmi kezelések (gyomirtás, gombaölő-szeres védekezés) minden esetben háti permetezővel történtek, így szélesebb művelőutak kialakítására a vetésnél nem volt szükség.

Betakarítás: A betakarítást ugyancsak a Növénytermesztési Intézet tulajdonában lévő Wintersteiger Nurserymaster (Wintersteiger GmbH., Ried, Ausztria) parcellakombájn segítségével kiviteleztük.

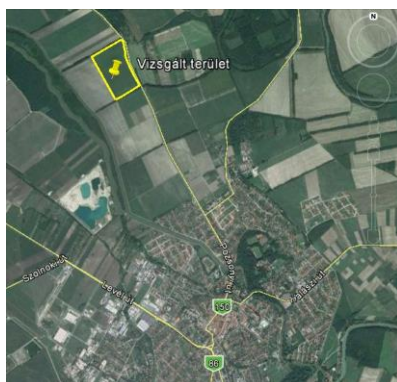
2.1.3. Adatok statisztikai elemzése

A kapott terméseredmények statisztikai elemzését, ami kéttényezős variancianalízis (ANOVA) volt, a GenStat program segítségével végeztük. A varianciaanalízis csak azt mutatja meg, hogy van-e szignifikáns különbség a kiértékelt eredményeknél, de azt nem, hogy pontosan melyik csoportok között. Ennek a megállapítására utótesztet (POST HOC), Duncan többszörös rang tesztet végeztünk. Itt a homogén csoportok képzése volt a cél.

2.2. A precíziós kísérlethez használt anyagok és módszerek

2.2.1. A kísérleti terület agroökológiai jellemzői, mintavételi időpontok

Elhelyezkedés: A kutatási terület Mosonmagyaróvár külterületén, a 150-es számú főútvonal mellett található. A mezőgazdasági tábla a Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karának, Biológiai Rendszerek és Élelmiszeripari Műszaki Intézetének kísérleti területe (**2. ábra**), egy 2001 óta precíziós gazdálkodásban lévő 23,52 hektáros mezőgazdasági tábla, melynek MEPAR kódja K2XEW-8-08.



2. ábra A vizsgált terület elhelyezkedése (Háttér: GoogleEarth)

Talaj: 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 folyómeder. A talaj felső 20 cm rétegének térfogattömege $1,1-1,4 \text{ g/cm}^3$ között változik a tábla mintázatához igazodóan (Nagy, 2004).

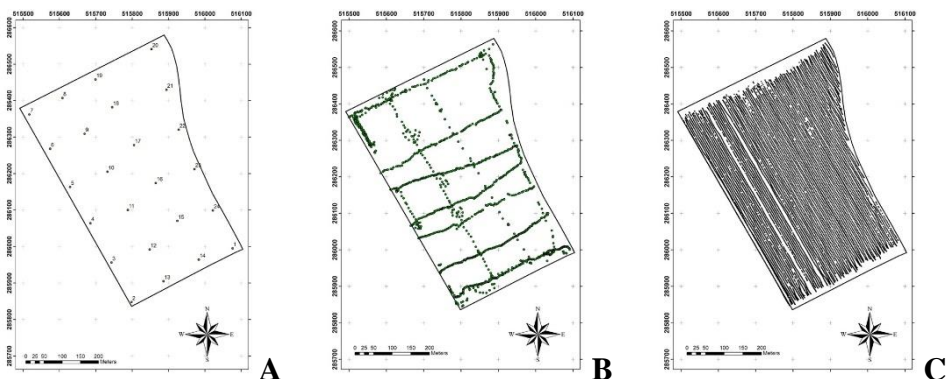
A mintvételek ideje:

1. 2009. július 28.: Az őszi búza betakarítása után, hántatlan tarlón végeztük a mintavételt.
2010-ben a mérések tervezett időszakában folyamatos esőzés volt, ezért mérést nem tudtunk ebben az évben végezni.
2. 2011. április 13.: A területen a magágy-készítés előtt mértük a talajnedvességet és a fajlagos elektromos vezetőképességét, a mérések után készítettek magágyat a kukoricának.
3. 2012. november 14.: A vizsgálatokat szója betakarítása után, zúzott, nem hántott tarlón végeztünk.

A mérést megelőző 30 nap csapadékadatai: A lehullott csapadékmennyiségek értékeit NymE-MÉK Meteorológiai Állomásának mérései alapján ismertetem. A 2009. évben a sokéves átlaghoz (1981-2010) viszonyítva a június és július hónapok kiugróan csapadékosak voltak. Június hónapban összesen 135 mm eső esett, ami a sokéves átlag (66,8 mm) a kétszerese. A 2011. évben – amely a vizsgált 2009. évhez képest jóval szárazabb volt – a vizsgálatot megelőző 30 napban összesen 45,7 mm volt a csapadék mennyisége, amelynek nagy része (28,3 mm) március hónap közepén hullott. A vizsgálat harmadik évében

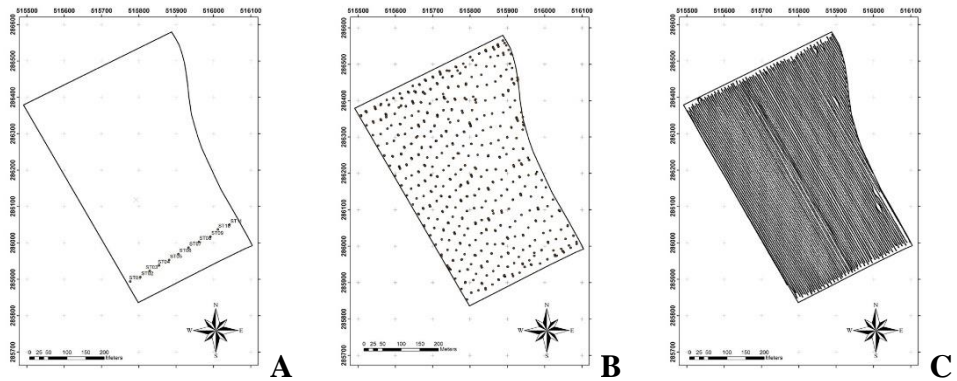
(2012) a mérést megelőző 30 nap csapadékja összesen 82,5 mm vízhez juttatta a talajt.

2.2.2. *A mintavételi pontok elhelyezkedése, eloszlása*



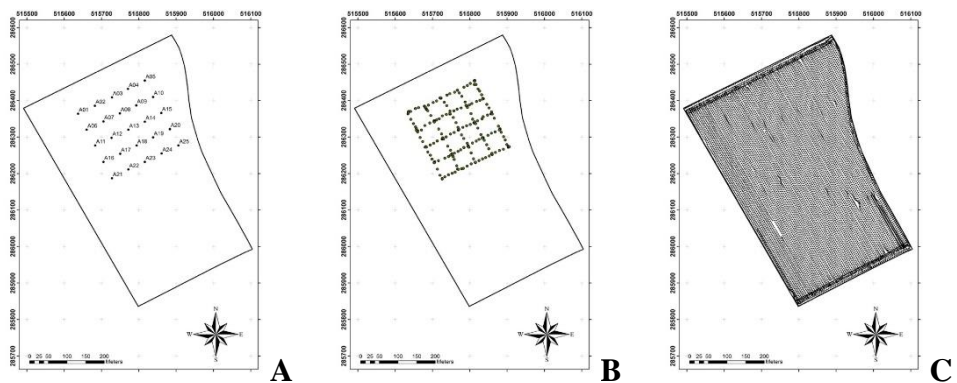
3. ábra A 2009. évi mintavételi pontok elhelyezkedése (gravimetrikus talajminták, TDR-300 és Veris 3100)

A 3. ábra a 2009. év mérési pontjainak elhelyezkedését mutatja a vizsgált mezőgazdasági táblán. Az **A** képen a gravimetrikus talajnedvesség vizsgálatához vett talajminták (24 db) elhelyezkedése látható. Az ábra **B** képen a TDR-300 mérőműszerrel végzett talajnedvesség mérés pontjai láthatók. A mérés során a terület 1364 pontjában mértük a talaj nedvességét. A **C**-vel jelölt kép szemlélteti a Veris 3100-as készülékkel végzett talaj fajlagos elektromos vezetőképesség mérésének mintavételi pontjait (13531 db). A gravimetrikus mintavételnél a mérési pontokat úgy helyeztük el, hogy a tábla minden pontjából legyen mért adatunk. A TDR-300 műszerrel végzett vizsgálatnál a táblát hosszában és keresztben is mértük, de a mintavételi pontok eloszlása nem lett egyenletes, mivel a vonalak kijelölése szemre történt. A legegyszerűsebb eloszlású mintavételt a Veris 3100 eszközzel kivitelezett mérés eredményezett, amely a sűrű sávválasztás és a másodpercenkénti mérés eredménye. A tábla teljes térképezéséhez minél nagyobb adatmennyiség szükséges, mivel a nagyszámú és egyenletes eloszlású adatok alapján lehet hiteles térképet készíteni.



4. ábra A 2011. évi mintavételi pontok elhelyezkedése (gravimetrikus talajminták, TDR-300 és Veris 3100)

A **4. ábrán** a 2011. év mintavételi pontjai láthatók. Ebben az évben bolygatatlan talajmintákat csupán egy sávból vettünk (11 db), melyet az **A** jelű ábra szemléltet. A 2011. évi TDR-300-zal végzett mérésnél igyekeztünk homogén eloszlású mintapont (654 db) elhelyezkedést megvalósítani, amelynek eredményeit a **B** jelű kép mutatja. A **C** kép a 2011. évi Veris mérés pontjait (15249 db) mutatja, amely nem mutat eltérést a 2009. évhez képest.



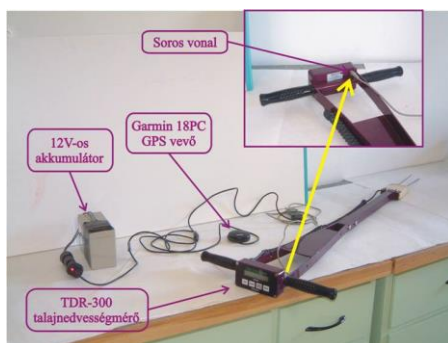
5. ábra A 2012. évi mintavételi pontok elhelyezkedése (gravimetrikus talajminták, TDR-300 és Veris 3100)

A 2012. évi mérésnél 25 bolygatatlan talajminta vétele történt. A mintavételi pontok elhelyezkedését az **5. ábra A** képe szemlélteti. A képen kivehető, hogy a minták elhelyezése 5x5-ös kvadrátban történt. Az **ábra B** részében a gravimetrikus mintavételi stratégiát követő TDR-300 talajnedvesség-mérővel vett minták pontjai (255 db) láthatók. A Veris 3100 készülékkel végzett mérésnél 10973 mintavételi pontot kaptunk, amelyek ebben a vizsgált évben is a legegyenletesebb eloszlást mutatták (**C** kép).

2.2.3. Vizsgálati módszerek

Gravimetrikus talajnedvesség-mérés: A vizsgálat mindhárom évében történt bolygatatlan talajminta-vétel. A bolygatatlan minták megvétele és vizsgálatig történő tárolása Kopeczky-hengerekben (100 cm^3) történt. A minták súlyát a szárítoszekrénybe történő helyezés előtt lemértük, majd $105\text{ }^\circ\text{C}$ -on tömegállandóságig szárítottuk. A mintavételi pontok kis száma miatt a gravimetrikus talajnedvesség adatokból térképet nem készítettünk, viszont a terepi talajnedvesség vizsgálat eredményeinek ellenőrzésére felhasználtuk azokat.

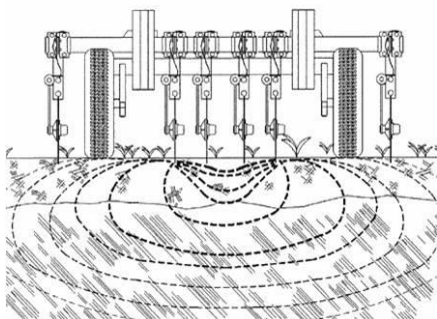
Volumetrikus talajnedvesség-meghatározás: A talajnedvesség-térkép készítéséhez Spectrum TDR-300 (6. ábra) típusú talajnedvesség-mérőt használtunk. A készülék – csatlakoztatott GPS-vevő segítségével – a nedvességtartalom mellett a mérés helyének koordinátáit is tárolja. A beépített memória kapacitása 1350 mérés GPS koordinátákkal, illetve 3250 mérés GPS koordináták nélkül.



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

A talaj fajlagos elektromos vezetőképességének (EC_a) mérése: A talajnedvesség-méréssel egyidőben a Veris 3100 típusú eszközzel (7. ábra) a táblát bejárva felmértük a talaj fajlagos elektromos vezetőképességét. A Veris 3100 mérőberendezés legfontosabb eleme a 6 db $\varnothing 430\text{ mm}$ átmérőjű mérőtárcsa, amelyek elektromosan szigeteltek minden más részegységtől. A műszert egyenletesen vontatva a talajba süllyesztett mérőelektróda-pár ismert feszültségű áramot vezet a talajba, a másik két pár gördülő elektróda pedig folyamatosan méri a feszültségesést. A közepén elhelyezett két elektróda a 0-30 cm mélység, a két szélső pedig a 0-90 cm talajréteg elektromos vezetőképességét detektálja. Jelen tanulmányban kizárólag a 0-30 cm mélységben mért adatokat használtuk fel. A Veris 3100 a mért adatokat

másodpercenként tárolja. Rögzítésre kerültek a mérés koordinátái is. A mérés végén számítógépre menthetők az adatok.



7. ábra A Veris 3100 működési elve és használata

A szakirodalmi adatok alapján, alacsony sótartalmú (nem szikes) talajok esetében, a vezetőképességből következtetni lehet a talaj nedvességtartalmára, frakcióinak összetételére, így a homok, a humusz és az agyag relatív mennyiségére.

2.2.4. Adatok kezelése, statisztikai elemzés

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 10.1 programmal, és IDW (Inverse Distance Weighting) interpolációs eljárással (5 m) elkészítettük a terület talajnedvesség és elektromos vezetőképesség térképét.

A nagy mennyiségű adathalmaz kiugró adatainak leválogatását az ArcMap/ArcView szoftver segítségével végeztük el. A kapott értékek hisztogramjának vizsgálatakor a statisztikai analízis bekapcsolásával megjelennek a fontosabb statisztikai leíró adatok. A teljes adatbázis nem normál eloszlású, valamint mérési hibákból adódóan nulla és negatív értékeket is tartalmaz. A kiugró adatok eltávolítását a normál QQPlot geostatistikai elemző modul segítségével végeztük el, az interkvartilis (IQR) távolság módszerével.

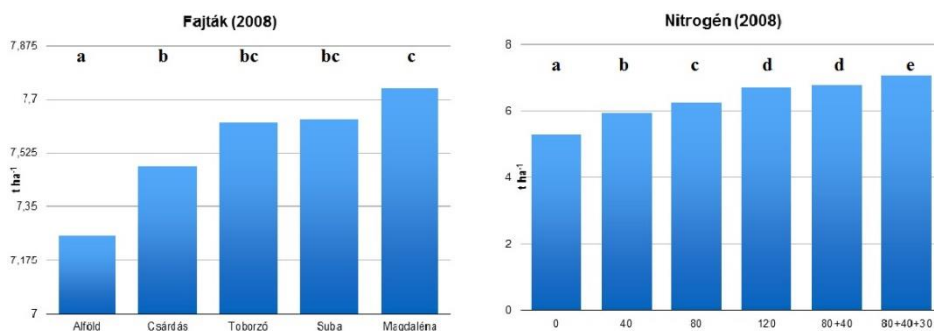
3. Eredmények

3.1. A kisparcellás kísérlet eredményei (2008-2011)

1. táblázat A vizsgált négy év varianciaanalízisének eredményei (2008-2011)

Variáció forrása	Szabadság- fok	F-értékek			
		2008	2009	2010	2011
Ismétlés	3				
Fajta (A)	4	11,11***	112,3***	60,1***	78,03***
Hiba (A)	12				
Tápanyag (B)	5	84,6***	150,55***	63,93***	130,77***
A x B	20	1,48 ^{ns}	2,12*	1,16 ^{ns}	1,19 ^{ns}
Hiba (B)	75				
Összes	119				

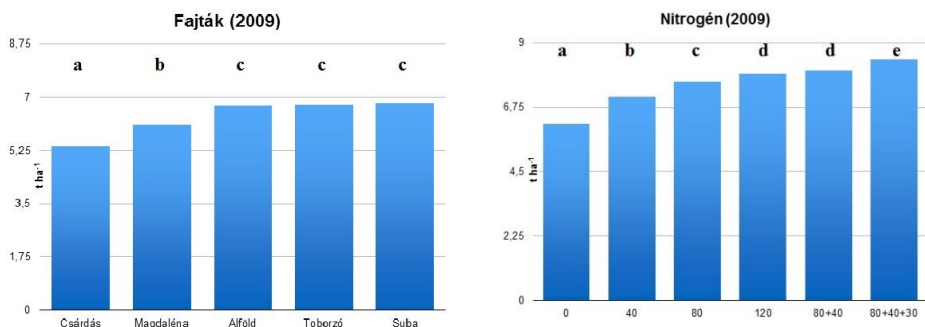
Az **1. táblázat** tartalmazza a vizsgálat egyes éveiben végzett kéttényezős varianciaanalízisek eredményeit. A kapott eredményekből jól látszik, hogy a fajták között minden évben volt szignifikáns különbség, már 0,1%-os szignifikancia szinten. A tápanyag-kezelések hatása is szignifikáns (0,1%) volt minden általunk vizsgált évben. A fajta x tápanyag inetrakció esetében csak a 2009. évben mutattunk ki szignifikáns különbséget 5%-os szinten.



8. ábra A fajták és a kijuttatott N-dózisok összehasonlítása, Duncan-teszt (2008)

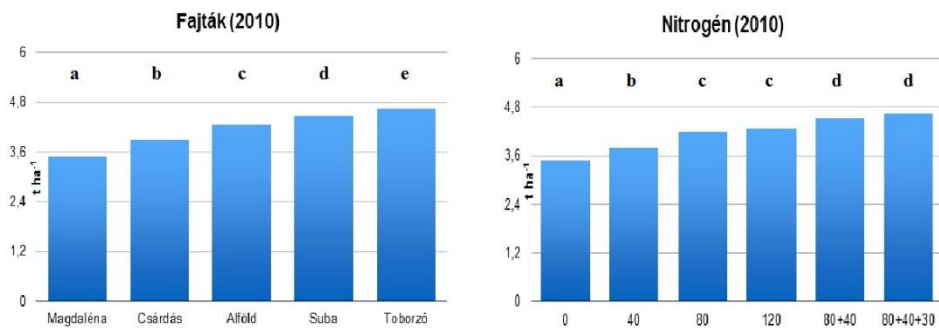
2008: A Duncan-teszt elvégzése (**8. ábra**) után három fajta esetében tapasztaltunk szignifikáns különbséget (Alföld, Csárdás, Magdaléna), de a Suba és a Toborzó fajták termései sem egymásétól, sem a Csárdás és a

Magdaléna hozamadataitól sem különböztek szignifikáns mértékben. A különböző N-adagok összehasonlítása minden N-szint között szignifikáns differenciát tárt fel. Kivételt csak az egyszeriben kijuttatott 120 kg és a megosztott dózisú 80+40 kg N-adagnál találtunk, ahol is a termések között nem volt szignifikáns eltérés.



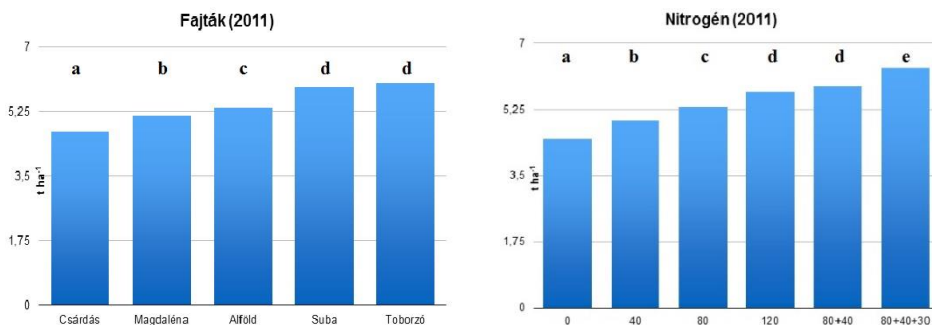
9. ábra A fajták és a kijuttatott N-dózisok összehasonlítása, Duncan-teszt (2009)

2009: A fajtákra elvégzett Duncan-teszt (9. ábra) eredményei alapján szignifikáns differenciát állapítottunk meg a Csárdás és a Magdaléna fajták, valamint e két búza és a másik három fajta (Alföld, Toborzó, Suba) termésadatai között. Az Alföld, a Toborzó és a Suba termésadatai között a teszt nem mutatott ki szignifikáns különbséget. Az eltérő nitrogénadagok közötti különbségeket szintén Duncan-tesztben (9. ábra) hasonlítottunk össze. A teszt eredményében megegyezik az előző évi vizsgálat eredményével, mivel minden egyes kijuttatott műtrágya adagnál szignifikáns differenciát állapított meg. Kivételt 2009-ben is a megosztott és az egyösszegű 120 kg-os N-szint jelentett, mivel közöttük nem volt szignifikáns a különbség.



10. ábra A fajták és a kijuttatott N-dózisok összehasonlítása, Duncan-teszt (2010)

2010: Az utóvizsgálatként végzett Duncan-tesztben (**10. ábra**) kimutattuk, hogy a 2010. évben minden fajta termése között volt szignifikáns differencia. A kijuttatott N-mennyiségek összehasonlítására végzett Duncan-teszt (**10. ábra**) szignifikáns különbséget mutatott ki a 0, a 40, a 80 és 120, valamint a 80+40 és 80+40+30 kg N kezelések között. Nem volt statisztikailag igazolható a különbség viszont a 80 és 120 kg, valamint a 80+40 és 80+40+30 kg N-dózisok között.

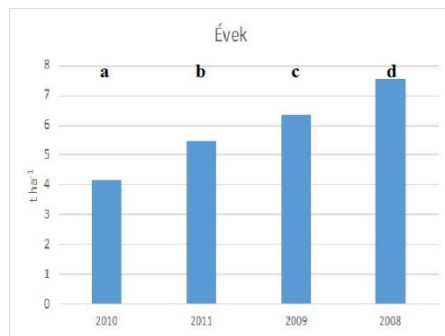


11. ábra A fajták és a kijuttatott N-dózisok összehasonlítása, Duncan-teszt (2011)

2011: A fajták összehasonlító Duncan-tesztje (**11. ábra**) szignifikáns különbséget állapított meg a Csárdás, a Magdaléna, az Alföld, valamint az előbbieket és a Suba-Toborzó fajtapár között. Szignifikáns különbséget nem mutatott viszont a Suba és a Toborzó között. A N-kezelések tesztje a kísérlet első két évével (2008-2009) megegyező eredményt mutatott. A vizsgálat nem igazolt kimutatható szignifikáns különbséget az egydózisú és a megosztott 120 kg N-adagok között, ettől eltekintve viszont minden tápanyag-szinten szignifikáns differenciát állapított meg.

2008-2011: Az egyes évjáratok termésátlagainak utóvizsgálatát ugyancsak Duncan-teszt (**12. ábra**) segítségével végeztük el. A kísérlet négy évében minden esztendő hozama szignifikánsan eltért (**2. táblázat**) a többi vizsgálati év terméseredményeitől. A vizsgálat eredményeként megállapítottuk, hogy az őszi búza hozamára az évjárat volt a legnagyobb hatással, ezt követte a N-műtrágyázás, majd a fajta hatása. A N-trágyázás hatása kétszerese volt a fajta hatásának, de szignifikáns volt az évjárat és N-trágyázás, valamint az évjárat és fajta kölcsönhatás is.

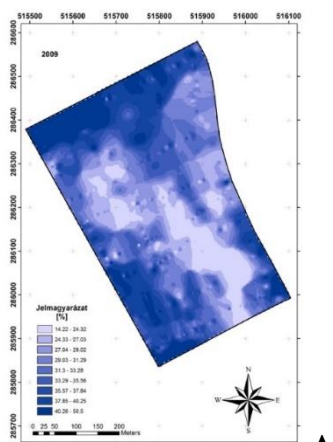
Variáció forrása	Szabadság- fok	Számított F- érték
Ismétlés	3	
Fajta (A)	4	125,26***
Hiba (A)	12	
Tápanyag (B)	5	357,18***
A x B	20	1,58 ^{ns}
Hiba (B)	75	
Év (C)	3	2998,85***
A x C	12	33,56***
B x C	15	7,5***
A x B x C	60	1,43*
Hiba	270	
Összes	479	



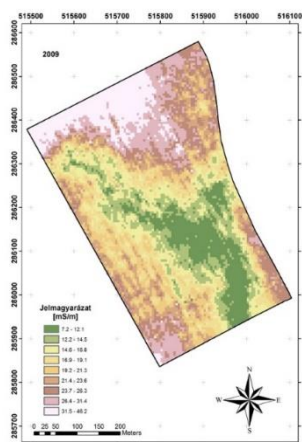
2. táblázat A vizsgált 4 év kombinált varianciaanalízise

12. ábra Az évek összehasonlítása, Duncan-teszt (2008-2011)

3.2. A precíziós kísérlet eredményei (2009, 2011, 2012)



A

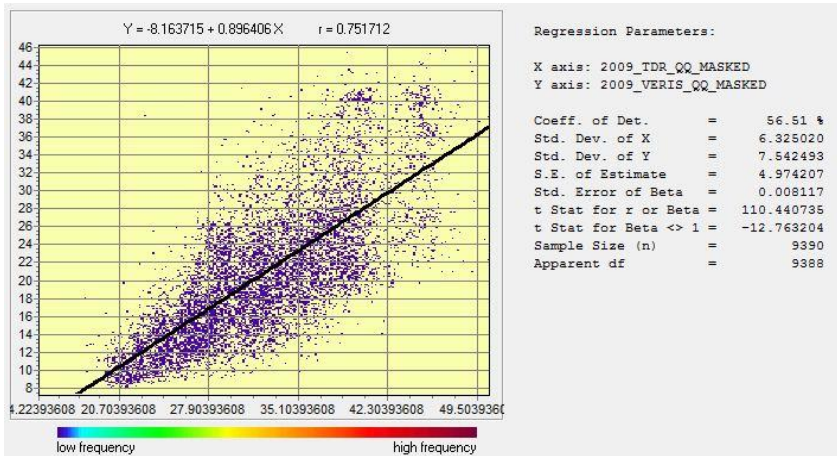


B

13. ábra A talajnedvesség és fajlagos elektromos vezetőképesség térképe (2009)

A térképek készítésénél a nagy mintaszámmal rendelkező, reprezentatívabb méréstípusokkal (TDR-300, Veris 3100) dolgoztunk, mivel a geostatistikai térképkészítés követelményeinek alapvető feltétele a magas mintavételi sűrűség és az egyenletes mintaeloszlás. A kísérlet éveiben a kapott térképek között szabad szemmel látható hasonló mintázatot (**13.**, **15.** és **17. ábra**) figyeltünk meg, amit minden esetben statisztikailag is igazolni akartunk.

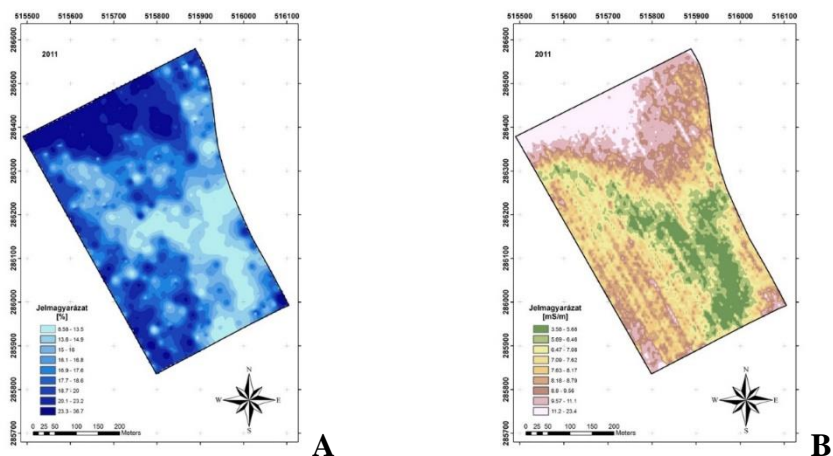
2009: Ebben a kísérleti évben a kiugró értékek leválogatása után 1195 db talajnedvesség (TDR) és 13446 db vezetőképesség (Veris) adat állt rendelkezésünkre a további feldolgozáshoz.



14. ábra A talajnedvesség (TDR) és fajlagos elektromos vezetőképesség (EC_a) közötti összefüggés (2009)

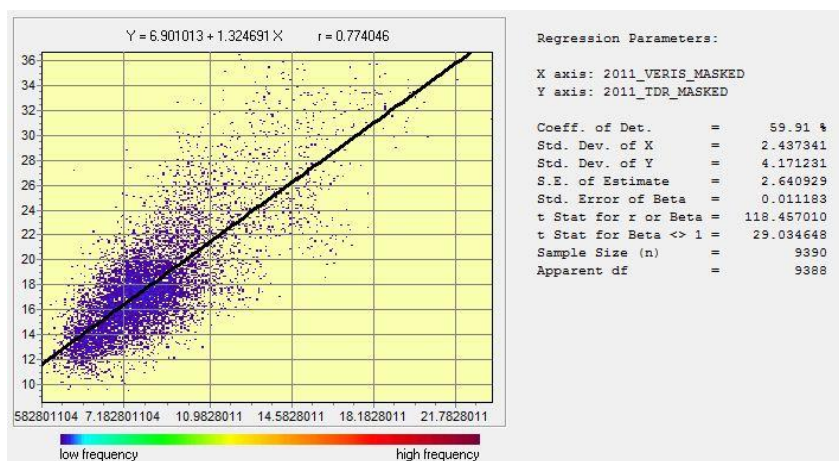
Az ArcGIS ArcMap program segítségével TDR-300 (A) és a Veris 3100 (B) térképének adatait regresszió-analízisben hasonlítottuk össze (**14. ábra**), melynek során a program 9390 mintapár esetében közepes összefüggést állapított meg ($R^2=0,5651^*$). Mivel a program a fajlagos elektromos vezetőképesség adatokhoz nem minden esetben tudott társítani nedvességértéket (kevesebb mintavételi pont), ilyen esetekben az interpolált nedvességi adatokkal számolt. A 2009-ben feltárt összefüggés bizonyításához a meglévő (24 db) gravimetrikus talajnedvesség-mérés eredményeit is felhasználtuk a TDR-300 nedvességmérő azonos pontban mért adatainak ellenőrzésére regresszió-analízisben, melynek során az $R^2=0,7911^*$ értéket kaptuk. A már említett 24 pont mért talajnedvesség (TDR) és fajlagos

elektromos vezetőképesség adatainak regresszió-analízisének a két adatsor közötti összefüggést szorosnak találtuk, mivel az R^2 értéke 0,8397* lett.



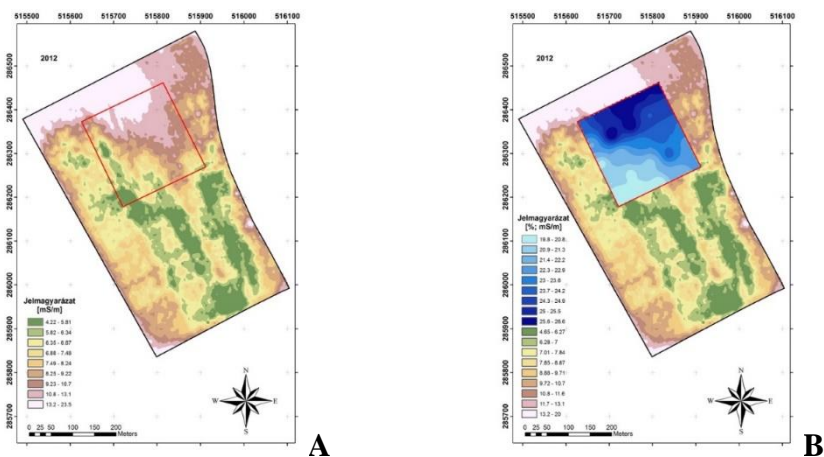
15. ábra A talajnedvesség és fajlagos elektromos vezetőképesség térképe (2011)

2011: A kísérleti évben végzett mérések során 11 helyről vettünk bolygatatlan talajmintát a gravimetrikus nedvesség-meghatározáshoz, emellett a TDR-300 talajnedvesség-mérő segítségével 649 pontban végeztünk talajnedvesség mérést, valamint a Veris 3100-as műszerrel 15249 pontban térképeztük fel a terület talajának elektromos vezetőképességét. A TDR (A) és Veris (B) eredmények alapján készített térképek ismét hasonló mintázatot (15. ábra) mutattak, de az összefüggést statisztikai vizsgálatnak vetettük alá.



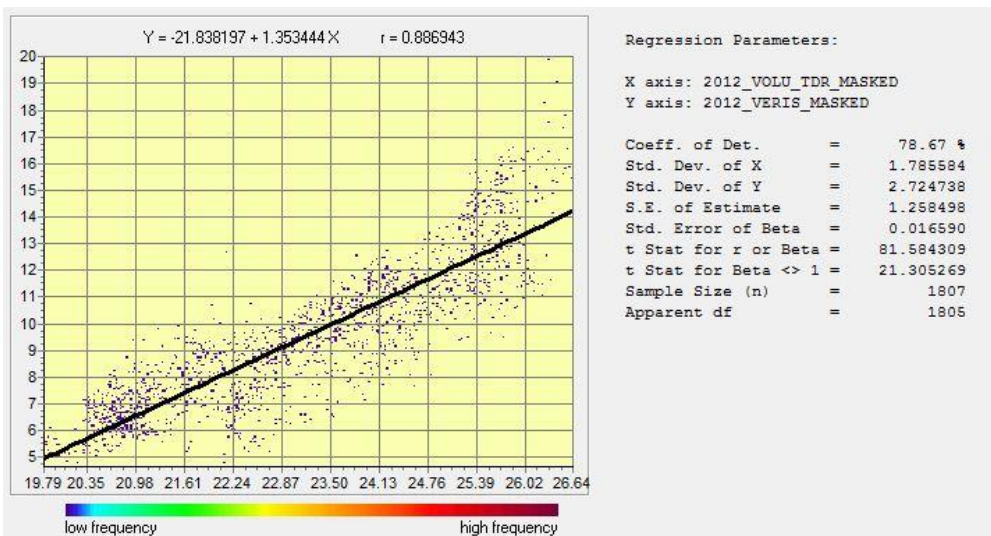
16. ábra A talajnedvesség (TDR) és fajlagos elektromos vezetőképesség (EC_a) közötti összefüggés (2011)

Az ArcGIS program az interpolált értékek alapján mintegy 9390 adattal dolgozva hasonlította össze (16. ábra) a talajnedvesség- és vezetőképesség adatokat. A vizsgálat során a determinációs együttható értékére 59,91%-ot kaptunk, ami közepes összefüggést feltételez. 2011-ben a gravimetrikus talajminták eredményeit (11 db) ismét regresszió-analízisben hasonlítottuk a TDR-300 azonos ponton mért nedvességadataihoz, a TDR adatokat pedig a 11 mért pontra eső vezetőképesség (Veris) adatokhoz. A vizsgálat az előbbinél $R^2=0,8039^*$, az utóbbinál pedig $R^2=0,8514^*$ értéket eredményezett, így az összefüggést ismét szorosnak ítéltük.



17. ábra A talajnedvesség és fajlagos elektromos vezetőképesség térképe (2012)

2012: A kutatás utolsó évében a mintavételi terület nagyságát csökkentve történt a mintavételezés, a vizsgálat során 25 gravimetrikus és 255 volumetrikus talajadat, valamint 10969 vezetőképesség adat született. A nedvesség- és fajlagos elektromos vezetőképesség adatokból generált térképek (17. ábra) a harmadik évben is hasonló mintázatot mutattak, de statisztikai elemzést is végeztünk az összefüggés alátámasztására. Az ArcView programban a táblán belüli kisebb mintaterület miatt az összehasonlított adattárak száma 1807 db volt, a vizsgálat eredményeként (18. ábra) a két adatsor közötti kapcsolatot szorosnak ítéltük, mivel 78,67%-os determinációs együtthatót kaptunk.



18. ábra A talajnedvesség (TDR) és fajlagos elektromos vezetőképesség (EC_a) közötti összefüggés (2012)

Az összefüggés valóságának igazolására újabb regresszió-analízist végeztünk, amelyben a mért 25 gravimetrikus adatot vetettük össze a TDR-300 azonos pontjainak mért adataival. A vizsgálat az adatsorok között szoros kapcsolatot állapított meg, mivel $R^2=0,8602^*$ értéket eredményezett. A TDR adatait az említett 25 pontra eső vezetőképesség-adatokkal is vizsgálatnak vetettük alá, ami $R^2=0,8092^*$ értéket adott.

A kutatás eredményeképpen mindhárom évében igazoltuk, hogy terepi körülmények között a fáradságos, időigényes és költséges (bolygatatlan mintaanalízis) talajnedvesség mérési eljárások közvetett módon helyettesíthetők a talaj fajlagos elektromos vezetőképességének meghatározásával. A vezetőképesség detektálása – módszertanából adódóan – a precíziós adatgyűjtés követelményeinek is megfelelő mintaszámú és eloszlású adatot eredményez, használatával a mezőgazdasági tábla nagy részletességgel feltérképezhető. A talajnedvesség térbeli heterogenitása így nagy biztonsággal leképezhető a talaj fajlagos elektromos vezetőképességének térképe szerint, a későbbiekben ez szolgálhat alapul a különböző menedzsment zónák, kezelési egységek kialakításához.

3.3. Új tudományos eredmények

1. Kisparcellás őszi búza kísérlet négy évéből háromban igazoltuk, hogy a vizsgált termőhely esetében az egy adagban, a bokrosodás kezdetén kijuttatott, és a megosztott (80+40 kg N), bokrosodás kezdetén és szárbainduláskor fejtrágyaként kijuttatott 120 kg N dózisok termésre gyakorolt hatásai között nem volt szignifikáns differencia.
2. Csapadékos évben a vizsgált agroökológiai környezetben az osztott adagú műtrágyázás megnövelte a termésbiztonságot azáltal, hogy a gyökérszónából kimosódó N mennyisége kevesebb volt, a kijuttatott hatóanyagból több hasznosult.
3. Csernozjom barna erdőtalajon a legnagyobb N-adagú (150 kg/ha) osztott fejtrágyázás eredményezte a kísérlet négy évében, minden fajta esetében a szemtermés maximumot.
4. A talaj fajlagos elektromos vezetőképességének mért adathalmazából térkép generálható, amellyel jellemezhető a talaj felszínközeli rétegének térbeli és időbeli változatossága. A módszer alkalmas a különböző talajadottságú területek táblán belüli elkülönítésére, menedzsment zónák kialakítására.
5. Megállapítottuk, hogy egy adott terület inhomogenitása befolyásolta a mért adatok normáloszlását. A vizsgált esetekben még a kiugró értékek leválogatása sem eredményezett normáloszlást. A statisztikai analízis eredménye azonban nem korlátozza a mérési adatok pontosságát.
6. A Veris 3100 készülékkel történő fajlagos elektromos vezetőképesség mérés az összehasonlító módszertani elemzések szerint alkalmas az adott talaj nedvességállapotának gyors térképezésére.

4. Következtetések és javaslatok

4.1.A kisparcellás kísérlet tanulságai

A kisparcellás őszi búza fajta-összehasonlító, nitrogén-trágyázási tartamkísérlet négy vizsgált éve alapján megállapítottuk, hogy a kijuttott növekvő N-adagok minden vizsgált fajta esetében növekvő termést eredményeztek.

A kísérlet 3 évében (2008, 2009 és 2011) a különböző N-szintek hozamadatai között szignifikáns különbséget állapítottunk meg, a kísérletben szerepelt őszi búzák növekvő N-mennyiségekkel történő trágyázása emelte a hozam nagyságát. Ez alól kivétel az egyadagú és megosztott 120 kg N hasznosulása, mivel a két N-szint (kijuttatási mód) között a már említett 3 évben szignifikáns különbséget nem tudtunk igazolni. Ez azt jelenti, hogy a fejtrágya adagjának megosztása növelte ugyan a termést, de statisztikailag nem igazolhatóan.

A N-fejtrágyázás hatását vizsgálva a 2010. extrém csapadékos évben mutatkozik meg a megosztott trágyakijuttatás hozamra gyakorolt kedvező hatása. Ebben a ciklusban a megosztott N-adagok (80+40 kg N, 80+40+30 kg N) statisztikailag is igazolható hozamtöbbletet eredményeztek az egyszerű fejtrágyákkal szemben, de a két megosztott N-dózis között nem volt szignifikáns különbség. A 80 és 120 kg egyszerű hatóanyag hozamadatai között sem találtunk statisztikailag igazolható különbséget, amely a nagy mennyiségű és intenzív esőzések tápanyag-kimosó hatására vezethető vissza.

A fajták tápanyag-reakciójának vizsgálatából kiderült, hogy az Alföld, az Mv Csárdás és az Mv Magdaléna fajták három évben (2009, 2010 és 2011) alacsonyabb hozamokat produkáltak, mint az Mv Suba és az Mv Toborzó. Ebből arra következtettünk, hogy a vizsgált termőhely viszonylatában a Suba és a Toborzó jobban hasznosította a kijuttatott tápanyagot, ezáltal termésbiztonságuk a térségben kiemelkedő. A két említett martonvásári fajta közül két évben (2010 és 2011) a Toborzó hozama felülmúlta a Subáét, így kettejük közül a területre a Toborzó javasolható nagyobb biztonsággal. A fajta kitűnő tápanyag-hasznosítását mutatja, hogy kiemelten csapadékos évben is a legmagasabb terméseket adta. A vizsgált fajták közül a legkorábbi elismerésű Alföld-90 fajta három évben a harmadik legmagasabb termésszintet érte el, így a fiatalabb, intenzívebb fajták között – a vizsgált termőhely viszonylatában – a mai napig kiegyenlített termésre képes, megbízható fajtának tekinthető. A fajták összehasonlításából kitűnik, hogy a vizsgálati termőterület

agroökológiai feltételei közé javasolható legmegbízhatóbb őszi búza fajták az Mv Toborzó (Pannon Standard – Jó malmi minőségű) és az Mv Suba (Pannon Prémium – Prémium minőségű). Ez alapján a terület kiemelten javasolható az élelmiszer célú őszi búza termesztésére.

Az évjáratok összehasonlító vizsgálatában azt tapasztaltuk, hogy minden évben statisztikailag igazolható különbség volt a terméseredmények között, így bebizonyosodott az időjárás nagyfokú termésbefolyásoló hatása. A vizsgált négy év kombinált varianciaanalízise alapján megállapítottuk, hogy a kísérletben az őszi búza hozamára az évjárat volt a legnagyobb hatással, ezt követte a N-műtrágyázás, majd a fajta hatása. A N-trágyázás hatása kétszerese volt a fajta hatásának, de szignifikáns volt az évjárat és N-trágyázás, valamint az évjárat és fajta kölcsönhatás is.

4.2. A talajnedvesség vizsgálatának tanulságai

A Mosonmagyaróváron végzett talajnedvesség- (gravimetrikus és TDR) és fajlagos elektromos vezetőképesség-mérés (Veris 3100) összehasonlító vizsgálata alapján megállapítottuk, hogy a vizsgálat három évében a kapott adatsorok között a kapcsolat szoros, mivel a regresszióanalízis a leggyengébb esetben is $R^2=0,7911^*$ (2009) értéket mutatott. Az ArcGIS ArcView program segítségével végzett statisztikai elemzés ettől lazább kapcsolatot igazolt két évben (2009 és 2011), ami valószínűsíthetően a nagy mintaszámnak és a nedvességi adatok interpolált értékeinek köszönhető. A vizsgálat harmadik évében csökkentett mintaszámot és mintavételezési területet alkalmaztunk, ebben az esetben már a programmal végzett statisztikai vizsgálat is 78,67% determinációs együtthatót állapított meg.

A kutatás eredményeként elmondható, hogy a mezőgazdasági termőterületek talajnedvesség-adatainak részletes – a precíziós növénytermesztésben alkalmazható – gravimetrikus talajvizsgálattal történő felvételezése nem kivitelezhető. A precíziós gazdálkodás térképi megjelenítéséhez nagy részletességű és egyenletes eloszlású mintavétel szükséges, ami a bolygatatlan minták vételével nagyon idő- és munkaigényes, fárasztó és költséges folyamat, valamint az eredmények sem azonnal állnak rendelkezésre.

A terepi talajnedvesség meghatározásánál a TDR-300-zal végzett vizsgálatok igazolták, hogy a műszer alkalmas a nedvességi állapot pontos meghatározására, valamint tervezett mintavételi térkép alkalmazásával magas mintavételi pontszám, és egyenletes mintaeloszlás érhető el. Ebben az esetben a mintavételi pontok és kapott adatok segítségével talajnedvesség térkép

készíthető. Ez a mérési eljárás azonban – nagy felbontás esetén – még mindig túl időigényes, ezért vizsgáltuk a talajnedvesség közvetett mérésére a fajlagos elektromos vezetőképesség meghatározásának alkalmazhatóságát.

A vizsgálatok három év viszonylatában is bebizonyították, hogy a mosonmagyaróvári kísérleti tábla viszonylatában a talaj fajlagos elektromos vezetőképességének meghatározása alkalmas a talajnedvesség táblán belüli változékonyságának részletes feltérképezésére. A vezetőképesség-mérés a magas és egyenletes eloszlású mintaszám alapján a precíziós gazdálkodáshoz nélkülözhetetlen térképek készítéséhez kifejezetten megfelelő. A talaj fajlagos elektromos vezetőképességének térképezéséhez használt Veris 3100 berendezést könnyű használatának és gyors mérési mechanizmusának köszönhetően javaslom a talaj nedvesség-állapotának közvetett, nagy részletességű becslésére.

Az elvégzett kutatás alapján kijelenthető, hogy a fajlagos elektromos vezetőképesség táblaszintű térképezése alkalmas a termőhelyen belüli heterogén talajfoltok elkülönítésére, menedzsment zónák kialakítására. Ezek az elkülönített menedzsment zónák a későbbiekben egymástól elkülönítve kezelhetők a döntéshozatal tekintetében.

A mérések további térbeli és időbeli kiterjesztése szükséges ahhoz, hogy megállapítsuk a talajnedvesség és a fajlagos elektromos vezetőképesség kapcsolatát, figyelembe véve a különböző talajparamétereket (sótartalom, agyagtartalom, stb.) is.

5. Tudományos publikációk

Tudományos publikációk:

Magyar nyelven:

Tarnawa Á. – Klupács H. – **Balla I.** – Jolánkai M. (2010): A termésingadozás és az időjárás összefüggései a szántóföldi növénytermelésben, „Klíma-21” füzetek **62.** Klímaváltozás – Hatások – Válaszok, Budapest, 39-42. pp.

Balla I. – Milics G. – Deákvári J. – Fenyvesi L. – Neményi M. – Jolánkai M. (2011): Talajnedvesség meghatározás fajlagos elektromos vezetőképesség alapján a precíziós mezőgazdaságban. Növénytermelés. **60.** 4. 5-25. pp.

Balla I. – Tarnawa Á. – Horváth Cs. – Kis J. – Jolánkai M. (2013): Precíziós technológiai alkalmazások elemzése a búza és a kukorica termesztésében. Georgikon for agriculture: a multidisciplinary journal in agricultural sciences **16:**(1) pp. 195-200.

Junek N. – Mikó P. – Kovács G.P. – Nagy L. – **Balla I.** – Gyuricza Cs. (2013): Biomassza-vizsgálatok egy kedvezőtlen termőhelyi körülmények között létesített energiafűz-ültetvényben. Növénytermelés **62:**(1) 5-18. pp.

Idegen nyelven:

Klupács, H. – Tarnawa, Á. – **Balla, I.** – Jolánkai, M. (2010): Impact of water availability on winter wheat (*Triticum aestivum* L.) yield characteristics. Agrokémia és Talajtan. **59.** 1. 151-156. pp.

Balla, I. – Milics, G. – Deákvári, J. – Fenyvesi, L. – Smuk, N. – Neményi, M. – Jolánkai, M. (2013): Connection between soil moisture content and electrical conductivity in a precision farming field. Acta agronomica óváriensis. **55:**(2) 21-32. pp.

Nagy, V. – Milics, G – Smuk, N – Kovács, J.A. – **Balla, I.** – Jolánkai, M. – Deákvári, J. – Szalay, D.K. – Fenyvesi, L. – Štekauerová, V. – Wilhelm, Z. – Rajkai, K. – Németh, T. – Neményi, M. (2013): Continuous field soil moisture content mapping by means of apparent electrical conductivity (EC_a) measurement. Journal of hydrology and hydromechanics. **61:**(4) 305-312. pp.

Mikó, P. – Kovács, G.P. – Alexa, L. – **Balla, I.** – Póti, P. – Gyuricza, Cs. (2014): Biomass production of energy willow under unfavourable field conditions. Applied ecology and environmental research **12**:(1) 1-12. pp.

Egyéb tudományos művek:

Magyar nyelven:

2009

Balla I. – Milics G. – Klupács H. – Tarnawa Á. – Kovács G.P. – Nagy L. – Neményi M. – Jolánkai M. (2009): Búzafajták fehérjetartalmának vizsgálata a kijuttatott nitrogénmennyiség függvényében. In: Növénytermesztés: Gazdálkodás- klímaváltozás – társadalom. Ed: Harcsa M. Akadémiai Kiadó, Budapest. 39-42. pp. (ISBN: 978 963 05 8804 1)

Kovács G.P. – Mikó P. – Nagy L. – **Balla I.** – Gyuricza Cs. (2009): Talajművelési eljárások hatása a cukorcirok (*Sorghum bicolor* L. Moench) beltartalmi és fenológiai paramétereire. In: Növénytermesztés: gazdálkodás-klímaváltozás – társadalom. Ed: Harcsa M. Akadémiai Kiadó, Budapest. 121-124. pp.

Tarnawa Á. – Klupács H. – **Balla I.** – Szentpétery Zs. – Kassai M.K. – Nyárai-Horváth F. – Máté A. (2009): Az időjárás egyes faktorainak hatása a főbb szántóföldi növények termésstabilitására. In: Növénytermesztés: gazdálkodás- klímaváltozás – társadalom. Ed: Harcsa M. Akadémiai Kiadó, Budapest. 233-236. pp.

2010

Balla I. – Milics G. – Virág I. – Deákvári J. – Jolánkai M. – Fenyvesi L. – Neményi M. (2010): Helyspecifikus talajnedvesség és fajlagos vezetőképesség mérési technológiájának fejlesztése. Magyar Tudományos Akadémia, Agrártudományok Osztálya, Agrárműszaki Bizottság, Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás Nr. **34**. A mezőgazdasági energia előállítás, az energia növények termesztése, betakarítása, előkészítése és felhasználása. A tanácskozás programja, valamint az előadások és konzultációs témák tartalmi összefoglalói (szerk: Tóth L., Magó L.), Gödöllő, 42-43. pp.

Balla I. – Szalay K. – Fenyvesi L. – Jolánkai M. – Milics G. (2010): Laboratóriumi és helyszíni fehérjetartalom-mérő berendezések

összehasonlítása eltérő nitrogén dózisu őszi búza (*Triticum aestivum* L.) kísérletekben, Tudoc-Kárpát-medencei doktoranduszok nemzetközi konferenciája, Gödöllő, Konferencia kiadvány, 18-25. pp. (ISBN: 978-963-269-186-2)

Milics G. – **Balla I.** – Deákvári J. – Nagy V. – Štekauerová V. – Neményi M. (2010): Precíziós mezőgazdaság – talajtulajdonságok vizsgálata. In: Kovácsné Gaál Katalin (szerk.) "A magyar élelmiszergazdaság jövője a KAP reform tükrében" **33.** Óvári Tudományos Nap. Konferencia helye, ideje: Mosonmagyaróvár, Magyarország, 2010.10.07 Mosonmagyaróvár: NYME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, 2010. pp. CD. (ISBN:978 963 9883 55 0)

Tarnawa Á. – Klupács H. – **Balla I.** – Jolánkai M. (2010): Szántóföldi növények termésstabilitásának klimatikus tényezői. **XX.** Keszthelyi Növényvédelmi Fórum, PE Georgikon, Keszthely, 154-158. pp.

2011

Balla I. – Jolánkai M. – Szentpétery Zs. – Szalay K. (2011): Nitrogéntrágyázás és a jó minőségű kenyér. Őstermelő - Gazdálkodók Lapja. **15.** 2. 29-31. pp.

Balla I. – Tarnawa Á. (2011): Energetikai célú kukoricatermesztés. Agrofórum, **22.** Évfolyam 12. Szám. 57-60. pp.

Gyuricza Cs. – **Balla I.** – Tarnawa Á. – Nyárai H.F. – Kassai K. – Szentpétery Zs. – Jolánkai M. (2011): A csapadék hatása a búza és a kukorica termésének mennyiségére és minőségére In: **37.** Meteorológiai Tudományos Napok: Az agrometeorológia kihívásai és helyzete Magyarországon. Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2011.11.24-2011.11.25. Budapest: OMSZ, 28. pp.

Szentpétery Zs. – Tarnawa Á. – **Balla I.** – Jolánkai M. (2011): Növényvédelmi kezelések hatása a búza minőségére. XXI. Keszthelyi Növényvédelmi Fórum, PE Georgikon, Keszthely, 117-121. pp.

2012

Jolánkai M. – **Balla I.** – Pósa B. – Sallai A. – Szalay D. – Birkás M. (2012): A víz a talaj-növény rendszerben. In: Lehoczky Éva (szerk.) **I.** Talajtani,

Vízgazdálkodási és Növénytermesztési Tudományos Nap: Talaj-víz-növény kapcsolatrendszer a növénytermesztési térben. Konferencia helye, ideje: Debrecen, Magyarország, 2012.11.23 Budapest: MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, 2012. pp. 37-40. (ISBN: 978-963-89041-6-4)

2013

Balla I. – Kassai M.K. – Nyárai H.F. – Jolánkai M. (2013): A Kárpát-medence vízellátottságának növénytermesztési vonzatai. In: Zimmermann Zita, Szabó Gábor (szerk.) VIII. Kárpát-medencei Biológiai Szimpózium - I. Fenntartható fejlődés a Kárpát-medencében nemzetközi konferencia = VIII. Carpathian Basin Biological Symposium - I. Sustainable development in the Carpathian Basin" international conference: absztraktkötet = book of abstracts. Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2013.11.21-2013.11.23. Gödöllő: Szent István Egyetem, 147-148. pp. (ISBN:978-963-269-387-3)

Balla I. – Milics G. – Kovács G.P. – Jolánkai M. – Gyuricza Cs. (2013): Talajnedvesség on-line mérése a precíziós gazdálkodásban. In: Zimmermann Zita, Szabó Gábor (szerk.) VIII. Kárpát-medencei Biológiai Szimpózium - I. Fenntartható fejlődés a Kárpát-medencében nemzetközi konferencia = VIII. Carpathian Basin Biological Symposium - I. Sustainable development in the Carpathian Basin" international conference: absztraktkötet = book of abstracts. Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2013.11.21-2013.11.23. Gödöllő: Szent István Egyetem, 21. pp. (ISBN:978-963-269-387-3)

Idegen nyelven:

2009

Balla, I. – Milics, G. – Deákvári, J. – Fenyvesi, L. – Neményi, M. – Jolánkai, M. (2009): Effect of different nitrogen doses' application on winter wheat (*Triticum aestivum* L.) protein content. In: Transport of water, chemicals and energy in the soil-plant-atmosphere system. Ed: A. Celková. Institute of Hydrology, Bratislava, 31-36. pp., (ISBN: 978-80-89139-19-4)

Klupács, H. – Nyárai Horváth, F. – **Balla I.** – Jolánkai, M. (2009): Water availability – a stressor influencing quantity and quality of winter wheat

(*Triticum aestivum* L.) yield. Cereal Research Communications. **37**. Suppl., 361-364. pp.

Klupács, H. – Tarnawa, Á. – **Balla, I.** – Jolánkai, M. (2009): The effect of water availability for quantity and quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) yield. In: Transport of water, chemicals and energy in the soil-plant-atmosphere system. Ed: A. Celková. Institute of Hydrology, Bratislava, 286-289. pp. (ISBN: 978-80-89139-19-4)

Szalay, D.K. – **Balla, I.** – Fenyvesi, L. (2009): Methodological evaluation of small plot trial nutrient supply. In: Transport of water, chemicals and energy in the soil-plant-atmosphere system. Ed: A. Celková. Institute of Hydrology, Bratislava, 587-593. pp. (ISBN: 978-80-89139-19-4)

2010

Balla, I. – Csiba, M. – Kovács, G.P. – Jolánkai, M. – Neményi, M. (2010): Site specific nutrient replenishment for winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Növénytermelés. 59. Suppl. 629-632. pp.

Balla, I. – Milics, G. – Deákvári, J. – Szalay, D.K. – Kovács, G.P. – Jolánkai, M. (2010): Results of site-specific nutrient replenishment in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). 18th International Poster Day and Institute of Hydrology Open Day. Transport of Water, Chemicals and Energy in the Soil-Plant-Atmosphere System. Ed: A. Čelková, Slovenská Republika, Bratislava, 30-33. pp. (ISBN: 978 80 8913921 7)

Milics, G. – Deákvári, J. – Burai, P. – Lénárt, Cs. – **Balla, I.** – Csiba, M. – Farouk, M. – Virág, I. – Nagy, V. – Neményi, M. (2010): Hyperspectral remote sensing for precision crop production and soil management. International Conference on Agricultural Engineering (AgEng) Towards Environmental Technologies. 2010. szeptember 6-8., Clermont-Ferrand, France, 1-9. pp.

Szalay, D.K. – Tarnawa, Á. – **Balla, I.** – Tolner, T.I. – Fenyvesi, L. (2010): Evaluating the effects of environmentally sound foliar fertilizers in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) according to quantity and quality parameters without additional nitrogen fertilizer. Tudoc-Kárpát-medencei doktoranduszok nemzetközi konferenciája, Gödöllő, Konferencia kiadvány, 208-214. pp. (ISBN: 978-963-269-186-2)

Szalay, D.K. – Tarnawa, Á. – **Balla, I.** – Tolner, T.I. – Fenyvesi, L. (2010): Improvement in evaluation methodology of small plot trial nutrient supply. 3rd IFSDAA International Seminar on Crop Science for Food security, Bio-energy and Sustainability, Szeged, Book of Abstracts, 58. pp.

2011

Balla, I. – Szentpétery, Zs. – Jolánkai, M (2011): The impact of precipitation on crop yield in small-plot winter wheat (*Triticum aestivum* L.) trial series. *Növénytermelés*. **60**. Suppl. 309-312. pp.

Milics, G. – **Balla, I.** – Deákvári, J. – Fenyvesi, L. – Jolánkai, M. – Nagy, V. – Stekauerová, V. – Neményi, M. (2011): Soil moisture and soil electrical conductivity measurements in precision farming. In: A Celkova (szerk.) 19th International Poster Day Transport of Water, Chemicals and Energy in the Soil-Plant-Atmosphere System. Konferencia helye, ideje: Bratislava, Szlovákia, 2011.11.09 Bratislava: Institute of Art History of SAS, 2011. 492-501. pp. (ISBN:978-80-89139-26-2)

Milics, G. – Deákvári, J. – Burai, P. – Lénárt, Cs. – **Balla, I.** – Csiba, M. – Farouk, M. – Virág, I. – Nagy, V. – Neményi, M. (2011): Application of hyperspectral imaging in precision crop production and soil management. Pollution and water resources – Columbia University Seminar Series **XL**: 139-149. pp. (ISBN 978-80-89139-24-8)

Tarnawa, Á. – Klupács, H. – **Balla, I.** – Jolánkai, M. (2011): Environmental and geographical determination of water availability impacts on winter wheat (*Triticum aestivum* L.) yield characteristics. Pollution and water resources – Columbia University Seminar Series **XL**: 83-89. pp.

2012

Balla, I. – Jolánkai, M. (2012): Soil moisture measurement in precision farming. *Növénytermelés* **61**:(Suppl.) 475-478. pp.

Gyuricza, Cs. – **Balla, I.** – Tarnawa, Á. – Nyárai Horváth, F. – Kassai, M.K. – Szentpétery, Zs. – Jolánkai, M. (2012): Impact of precipitation on yield quantity and quality of wheat and maize crops. *Időjárás / quarterly journal of the hungarian meteorological service* **116**:(3) 211-220. pp.

Jolánkai, M. – **Balla, I.** – Pósa, B. – Tarnawa, Á. – Birkás, M. (2012): Annual precipitation impacts on the quantity and quality manifestation of wheat and maize yield. *Acta Hydrologica Slovaca* **14**:(2) 446-450. pp.

Jolánkai, M. – Kassai, M.K. – Nyárai Horváth, F. – Tarnawa, Á. – **Balla, I.** – Szentpétery Zs. (2012): Carbon sequestration of grain crop species influenced By nitrogen fertilization. *Hungarian agricultural engineering* **24**: 23-26. pp.

Jolánkai, M. – Tarnawa, Á. – **Balla, I.** – Máté, A. (2012): A Soil fertilization and its defects in Hungary. In: Birkas M, Mesic M (szerk.) *Impact of tillage and fertilization on probable climate threats in Hungary and Croatia, soil vulnerability and protection.* 186 p. Gödöllő: Szent István Egyetemi Kiadó, 113-121. pp. (ISBN:978-963-269-268-5)

Mikó, P. – Kovács, G.P. – **Balla, I.** – Vasa, L. – Gyuricza, Cs (2012): Investigation of the Biomass and Nutrient Content of Green Manuring Plants as Second Crops in Hungary. *Notulae botanicae horti agrobotanici cluj-napoca* **40**:(1) 47-52. pp.

Milics, G. – **Balla, I.** – Deákvári, J. – Fenyvesi, L. – Jolánkai, M. – Nagy, V. – Stekauerová, V. – Neményi, M. (2012) Soil moisture and soil electrical conductivity measurments in sitte - specific agriculture. *Pollution and water resources – Columbia University Seminar Series* **XLI**: 219-231. pp. (ISBN 978-963-9899-59-9)

2013

Farkas, I. – **Balla, I.** – Pósa, B. – Jolánkai, M. (2013): Food security and sustainability: Chances and limitations of agriculture. *Review on agriculture and rural development* **2**:(1) 11-16. pp.