
DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

**NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR**

Biológiai Rendszerek Műszaki Intézete

Doktori Iskola vezetője:

PROF. DR. NEMÉNYI MIKLÓS DSc

Témavezetők:

PROF. DR. NEMÉNYI MIKLÓS DSc

DR. KOVÁCS ATTILA JÓZSEF PhD

MÉRÉSI MÓDSZEREK FEJLESZTÉSE PRECÍZIÓS NÖVÉNYTERMESZTÉSI TECHNOLÓGIÁKNÁL

Készítette:

CSIBA MÁTYÁS

MOSONMAGYARÓVÁR

2010

TARTALOMJEGYZÉK

1. KUTATÁSI CÉLKITŰZÉS	3
2. ANYAG ÉS MÓDSZER	4
2.1 A talajellenállás mérése	4
2.1.1 <i>Traktoros erőmérés</i>	4
2.1.2 <i>A művelési mélység mérése</i>	5
2.1.3 <i>A penetrációs energia meghatározása</i>	5
2.2 Talajnedvesség mérése	6
2.3 Precíziós gyomfelvételezés	7
2.4 Precíziós légi (helikopteres) növényvédelem	8
2.5 A termény minőségi paramétereinek mérése betakarítás során	8
3. EREDMÉNYEK	10
3.1 A talajellenállás mérése	10
3.1.1 <i>Traktoros erőmérő rendszer</i>	10
3.1.2 <i>Művelési mélység mérése</i>	11
3.1.3 <i>A horizontális és vertikális talajellenállás összehasonlítása</i>	12
3.2 Talajnedvesség mérése	12
3.3 Precíziós gyomfelvételezés	14
3.4 Precíziós légi (helikopteres) növényvédelem	15
3.5 A termény minőségi paramétereinek mérése betakarítás során	17
4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK (TÉZISEK)	20
5. A GYAKORLATNAK ÁTADHATÓ EREDMÉNYEK	21
6. PUBLIKÁCIÓK	22

1. KUTATÁSI CÉLKITŰZÉS

Kutatásaim olyan meglévő alkalmazott precíziós mezőgazdasági technológiák pontosítására, valamint új mérési módszerek kifejlesztésére irányultak, melyek a gyakorlat számára előrelépést, ill. pontosítást jelentenek. Ezen belül céloom volt:

- A talajművelő eszközre ható vontatási ellenállás egzakt mérési módszerének kidolgozása, mely segítségével egy egyszerű, univerzális mérőrendszert kívántam létrehozni.
- Megoldást találni egy TDR (Time Domain Reflectometry) elven működő talajnedvesség mérő műszer, folyamatos, ill. kvázi folyamatos szántóföldi alkalmazására.
- Mérési technológiát kidolgozni a mezőgazdaságilag művelt táblán belüli gyomnövények előfordulásának térképezésére.
- Megvizsgálni a precíziós technikák helikopteres növényvédelemben való alkalmazhatóságát magyarországi viszonylatban.
- A Zeltex Inc., AccuHarvest On-Combine Grain Analyzer mérőműszer segítségével betakarítás közben meghatározni a termény fehérje, ill. nedvességtartalmát szántóföldi körülmények között.

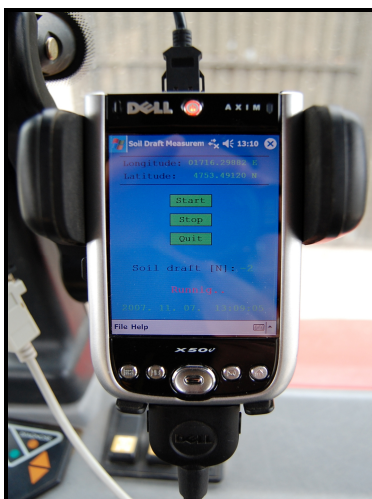
2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1 A talajellenállás mérése

2.1.1 Traktoros erőmérés

A rendszer működése a Biológiai Rendszerek Műszaki Intézetében korábban kifejlesztett erőmérési módszer elvein alapszik.

A modern traktorokban alapfelszereltségként megtalálható az ún. Elektro Hidraulikus Rendszer (EHR). Ennek a részét képezik olyan erőmérő cellák, melyek a hidraulikus rendszert érő erőhatásokkal arányosan változó elektromos jelet adnak. Az analóg feszültség jeleket egy A/D (analóg/digitális) interfészen keresztül RS-232 porttal bővített Dell Axim x50v típusú tenyérgépbe (PDA) vezettük. Az adatok rögzítésére és grafikus felületen történő megjelenéséhez a megfelelő szoftver megírásához a „Zeus” programnyelvet választottam. Ez egy önálló programozási nyelv, mely C/C++ és Visual Basic elemekre épül. A logikai rész megírása után, egy ergonomikus grafikus felület elkészítését valósítottam meg (1. ábra).



1. ábra: A vontatási ellenállást mérő program a PDA-n

Az erőmérő cellák jeleit a GPS koordinátákkal együtt – melyek esetünkben egy CSI Wireless DGPS Max típusú vevővel kerültek rögzítésre – a tenyérgép saját memóriájában rögzíti *.txt formátumban.

2.1.2 A művelési mélység mérése

A vonóerő mérésénél két befolyásoló tényező merült fel. Az egyik a haladási sebesség számításba vétele, a másik pedig a művelési mélység. A haladási sebesség a GPS készülék szabványos NMEA mondatának GPRMC sorából nyerhető ki a nyers adatok szűrésekor. A művelési mélység rögzítését egy ultrahangos szenzor segítségével végeztük, mely a talajművelő eszközzel együtt mozog a traktor keréknyomában. A műszer szántóföldi körülmények közötti alkalmasságát árpa- és kukorica tarlón, valamint tárcsázott talajon is egyaránt vizsgáltuk.

2.1.3 A penetrációs energia meghatározása

A talaj penetrációs ellenállásának méréséhez 3T System típusú penetrométert használtunk. Az 1 ha kísérleti tábla 15 kezelési egységén, egységenként mind a 14 mérőpontjára elvégeztük a penetrációs energia meghatározását az alábbi képlet segítségével:

$$P_e = \int_0^d C_i \cdot dd \text{ [kJ/m}^2\text{]} \quad [1]$$

ahol:

C_i – cone index [kPa];

d – mélység [m].

Összehasonlító vizsgálatokat végeztünk a 2.1.1 fejezetben ismertetett folyamatos vontatási ellenállás mérő rendszer és a cone index, ill. a penetrációs energia közötti összefüggések feltárásához.

2.2 Talajnedvesség mérése

Annak érdekében, hogy a talajnedvesség mérésére az időigényes és egyben kevés mintasűrűséget biztosító kézi méréseket helyettesíteni tudjuk egy automatizált rendszerrel, a következő lépéseket végeztük el. A traktor három pont-függesztéséhez egy speciális függesztőkeretet készítettünk (2. ábra), mely segítségével a CS 616 TDR mérőszonda a hátsó függesztőkarok helyzetének változtatásával a talajba szúrható, ill. kihúzható. A CR10x adatnaplózó a traktor fülkájében kapott helyet, melyről egy soros (RS-232) csatlakozóban végződő lekötés van annak C1 csatornájáról. Az adatnaplózót előzetesen úgy programoztuk be, hogy ezen a kimeneti csatormán, másodperces időintervallumban továbbítsa a mért nedvességértékeket. A soros port a korábbiakban már alkalmazott DellAxim típusú PDA-hoz kapcsolódik. Ahhoz, hogy az mért adatok helyspecifikusak legyenek, egy CSI Wireless DGPS típusú készüléket használ a szoftver a koordináták rögzítéséhez.



2. ábra: A speciális függesztőkeretre szerelt mérőszonda

2.3 Precíziós gyomfelvételezés

Vizsgálatainkat a NymE-MÉK Biológiai Rendszerek Műszaki Intézetének Oktató-Kutató Bázisa mellett található kísérleti táblán végeztük. Első lépésként egy tárcsás borona segítségével a megközelítőleg 1 hektár nagyságú kísérleti táblán (termelésből több éve kivonva) szabályos négyzet alakú gyomfoltokat alakítottunk ki, így a területen gyomos, ill. gyommentes foltok váltakoztak.

A méréseket egy traktorra függesztett szántóföldi permetezőgéppel végeztük úgy, hogy a gyári szórókeretet átalakítottuk, és erre 2 db intelligens szórófejet (Weed Seeker, „Gyomvadász”) szereltünk. Működésének lényege, hogy amennyiben a lézeres érzékelő zöld színt (kloroplasztiszt) érzékel, az állandó nyomás alatt lévő rendszer egy elektromos impulzust kap, ami által egy mágnesszelep nyit, és a fűvókán keresztül a permetlé a gyomnövényre jut.

A jobb oldalon lévő szórófejen nem végeztünk módosítást, gyári állapotában került felszerelésre. A baloldalon elhelyezkedőre egy fototranzisztorral ellátott érzékelő áramkör került, ugyanis a szenzor rendelkezik egy gyárilag beépített LED diódával. Ha a szenzor gyomnövényt érzékel, működésbe lép az automatika, és ameddig a mágnes szelep nyitva van, a kontroll dióda is kigyullad. Ezt a lehetőséget kihasználva egy fototranzisztor – és a hozzá tartozó áramkör – segítségével a kapott elektromos jeleket a 2.1.1 fejezetben ismertetett jelátalakító rendszerrel megegyező módon GPS koordinátákkal együttesen egy tenyérgép (PDA) segítségével naplóztuk. Amennyiben a LED dióda nem világít, az adatnaplózó szoftver a „0” számot rögzíti az 5 Hz időközönként érkező koordináták mellé, míg a dióda felvillanásakor az „1” számjegy kerül

naplózásra. A talajellenállás mérésekor alkalmazott szoftver módosításával mindezek kivitelezhetővé válnak.

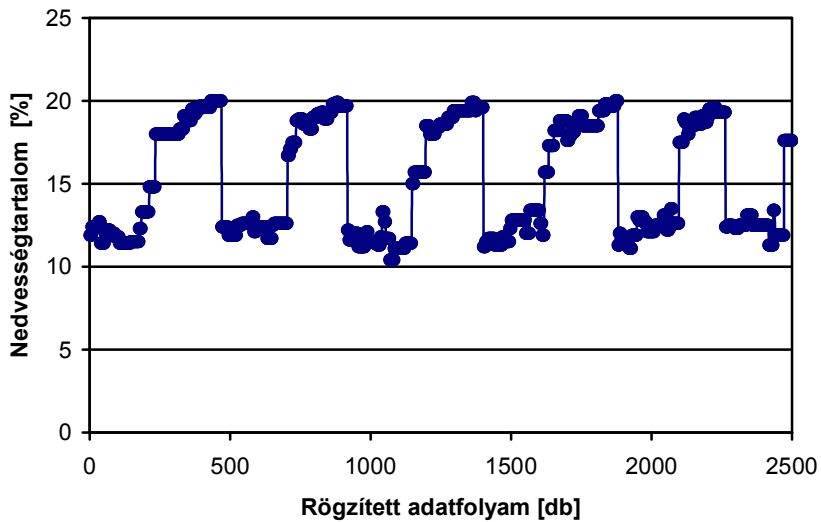
2.4 Precíziós légi (helikopteres) növényvédelem

Vizsgálataink során arra kerestük a választ, hogy a jelenleg „földön” alkalmazott precíziós technikákra alapozott permetezési technológiák közül milyen eszközök alkalmazhatóak a légi növényvédelemben is, annak érdekében, hogy az adott munkát még hatékonyabban, pontosabban és könnyebben lehessen elvégezni. Célunk az volt, hogy mind az adminisztrációs, mind a pilóta munkáját segítő lehetőségeket vizsgáljunk meg. A méréseket egy Kamov KA-26 növényvédelmi munkákra átalakított helikopter segítségével végeztük.

2.5 A termés minőségi paramétereinek mérése betakarítás során

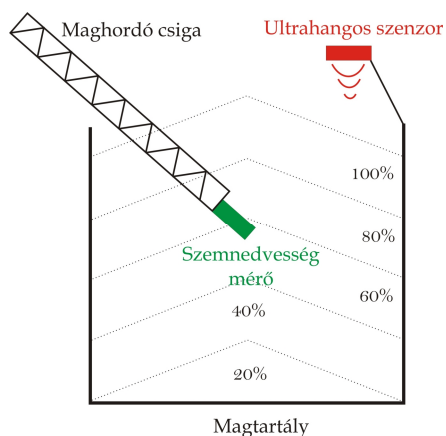
A kísérleteket a NymE-MÉK 80/1. kísérleti tábláján végeztük. A betakarított növény 2008-ban kukorica, 2009-ben őszi búza volt.

Ahogy erre az irodalomba több helyen is említést találunk, a kapacitív elven működő szenzorok legnagyobb hátránya, hogy a mérési terület térfogatának folyamatos változása nagymértékben befolyásolja a mérési eredményeket. Az arató-cséplőgép magtartálya folyamatos telítődési és ürítési ciklusokból áll, mely során a fent említett szituáció periodikusan megjelenik. Három év (2004, 2005 és 2006) adatait feldolgozva az adatfolyam grafikus ábrázolásán ez a jelenség markánsan jelentkezik (3. ábra), és hasonló eredményre jutottunk a probléma megoldását célzó vizsgált években (2008, 2009) is.



3. ábra: Az őszi búza (2004) nedvességtartalmának fluktuációja a betakarítás során

Annak érdekében, hogy a magtartály térfogatának betakarítás közbeni alakulását rögzítsük, a 2.1.2 fejezetben ismertetett ultrahangos távolságérzékelőt szereltük fel a magtartály tetejére (4. ábra).



4. ábra: A magtartály telítettségének érzékelése

A 2.1.1 fejezetben ismertetett szoftvert úgy módosítottam, hogy a kijelzett (és rögzített) érték a 2. számú képlet alapján a távolság (d) legyen. Ez a távolság üres tartály esetében 179 cm, míg megtelt állapotban 41 cm volt. Ezekből az adatokból számolva a 2. képlet segítségével a tartály telítettsége (x) százalékos formában megadható.

$$x = 100 - \frac{d - 41}{1.38} [\%] \quad [2]$$

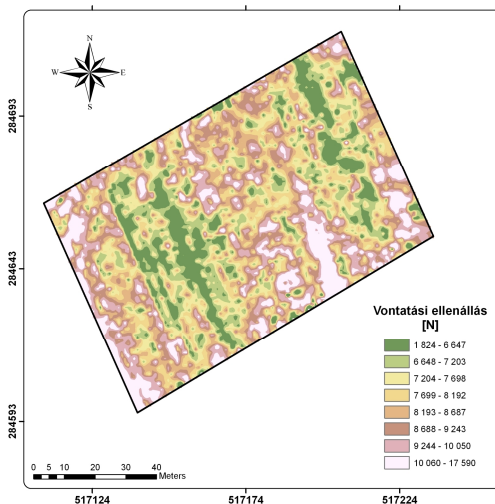
A kombájn magtartályba vezető csigájából 2008-ban 20 db, míg 2009-ben 150 db mintát gyűjtöttünk be. Kontrollként a minták nedvességtartalmát az *ASAE* (1998) szabványnak megfelelően szárítószekrénybe lemértük.

3. EREDMÉNYEK

3.1 A talajellenállás mérése

3.1.1 Traktoros erőmérő rendszer

Az elvégzett vizsgálatokra alapozva kijelenthető, hogy a bemutatott rendszer alkalmas a talajművelő szerszámra ható vontatási (művelési) erő táblán belüli változásának folyamatos mérésére. A 5. ábrán látható a Biológiai Rendszerek Műszaki Intézetének kísérleti tábláján egy egykéses közép-mély-lazító munkája során rögzített vontatási ellenállás térkép 40 cm-es mélységben. A kb. 1 ha-os táblán belül a nagyszámú mintapontnak köszönhetően élesen kirajzolódnak a különbségek.



5. ábra: A vontatási ellenállás heterogén eloszlásának térképe

A mérési rendszer bármely függesztett, ill. félig függesztett talajművelő eszköz (eke, tárcsás borona, kombinátorok stb.) esetében alkalmazható, nem igényel kiegészítő berendezéseket, ugyanis a traktor erőmérő cellájának terhelésének függvényében működik. További előnye, hogy a rendszer elemei egyszerűek, univerzálisak – bármely EHR-rel rendelkező erőgépek erőmérő cellájára bekalibrálható – és alacsony áron bárki számára elérhetőek.

3.1.2 Művelési mélység mérése

A vontatási ellenállás mértéke mind a haladási sebesség, mind a művelési mélység függvényében változhat, ezért szükségesnek tartottuk ezen paraméterek mérését. Annak érdekében, hogy a haladási sebesség befolyásoló hatását kiküszöböljük, méréseinket viszonylag alacsony (maximum 3 km/h) sebességgel végeztük. A művelési mélység változásának folyamatos rögzítésére a 3.1.2 fejezetben is alkalmazott ultrahangos távolság érzékelőt használtuk. A traktor nyomvonalában elhelyezett érzékelő enyhén

gyomos, hántott tarlón is megfelelő pontossággal működött. Az általunk referenciamérésként szolgáló mérőszalaggal mért eredmények szoros korrelációban ($R^2=0.9877$) voltak az ultrahangos szenzor által mért eredményekkel.

3.1.3 A horizontális és vertikális talajellenállás összehasonlítása

Annak ellenére, hogy a gyakorlat a penetrométeres méréseket fogadja el szabványosnak, számos kutatás az on-line (folyamatos) mérések irányába összpontosult, melyek a penetrométeres méréseket helyettesítő (vele egyenértékű információt adó) módszereket jelentenek. A szakirodalom véleménye jelenleg is megosztott. A rendelkezésre álló irodalmi adatok alapján elvégzett kísérleteink azt bizonyítják, hogy nincs szignifikáns kapcsolat a vonóerő és a talaj penetrációs ellenállása közt. Összehasonlító vizsgálataink során nem találtunk összefüggést a cone index, ill. az ebből számított penetrációs energia és a talajellenállás között. Véleményünk szerint a két különböző erőhatást nem lehet számszerűen összehasonlítani, holott minden bizonnyal valószínűsíthető összefüggés áll fenn közöttük. Az eltérés az erők dinamikájában keresendő. A vertikális erő egy függőleges irányba ható viszonylag statikus karakterisztikájú, míg a horizontális erő vízszintes dinamikus változással van jelen.

3.2 Talajnedvesség mérése

A jelenleg kereskedelemben kapható TDR mérőszondák szerkezeti kialakítása nem teszi lehetővé a folyamatos haladás közbeni adatnaplózást, ezért a kvázi-folyamatos mérésekre összpontosítottam, keresve azt a megoldást, ami a mérést a lehető legnagyobb mértékben meggyorsítja és

automatizálja. Ily módon került sor a speciális tartókerettel összekapcsolt TDR mérőszonda kialakítására. A mérőfej, a traktor hátsó függesztőkarok mozgatásával kerül be, illetve ki a talajból. A fülkében helyezkedik el a mérésadatgyűjtő (CR10x), ami soros porton kapcsolatban van a PDA-val, melyen a mérést kontrolláló és naplózást végrehajtó szoftver fut (6. ábra). Segítségével az aktuális talajnedvesség értékek a kijelzőn követhetőek, valamint a „RECORD” gomb megnyomásával a pillanatnyi érték a koordinátákkal együttesen egy *.txt file-ba elmentésre kerül. A képernyőn továbbá nyomom követhetjük a koordinátákat is. Automatizálva a kézi mérést jelentős idő takarítható meg.

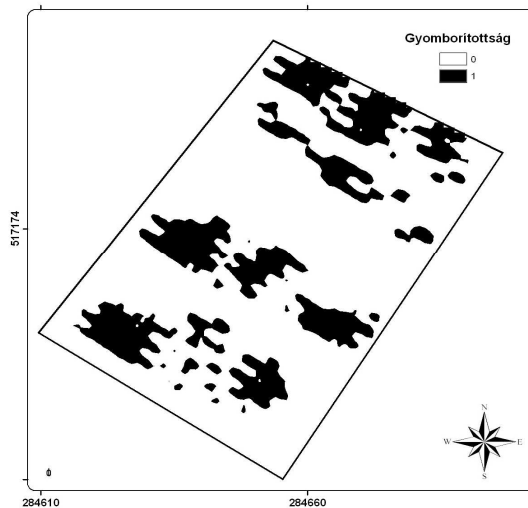
A TDR-re alapozott kvázi folyamatos talajnedvesség mérést sikerült megvalósítanunk, viszont a szántóföldi körülmények miatt a vizsgálatok folytatásához mindenképpen szükséges egy masszív, robusztus szondaszárral szerelt műszer.



6. ábra: A talajnedvességet rögzítő szoftver

3.3 Precíziós gyomfelvételezés

A gyomfelvételezés fárasztó, időigényes, terepi munkájának helyettesítésére végzett kísérletünk során bebizonyítottuk, hogy a 2.3 fejezetben ismertetett rendszer megbízhatóan, szántóföldi körülmények között is alkalmas a gyomnövények táblán belüli előfordulásának térképezésére. Az előállított gyomtérképből a mennyiségi viszonyok (százalékos gyomborítottság) is egzakt módon mérhetők. A 7. ábrán a *Cirsium arvense* fajtisza állományról készült gyomborítottság térkép látható, melyen jól megfigyelhetők a mesterségesen (tárcsás boronával) előállított acatfoltok.



7. ábra: A *Cirsium arvense* előfordulási térképe a mintaterületen

Ennek segítségével nemcsak egy vizuális képet kapunk, hanem az így létrehozott adathalmaz információ inputként is szolgál a későbbi védekezések számára. A kialakított *Cirsium arvense* borítottsága a 0.38 ha terület 22.45%-át tette ki.

A fejlesztés jelen állapotában az eszköz nem alkalmas a gyomnövények fajok szerinti felvételezésére, de vannak olyan gyakorlati esetek, amikor a gyomflórát egy faj, vagy fajcsoport alkotja. Ilyen lehet a kukorica preemergens gyomirtását követő, évelő (Geophyton) gyomokból álló flóra kialakulása. A magról kelő gyomok ellen sikeresen végrehajtott preemergens gyomirtás ellenére a táblán megjelennek az évelő gyomfajok, melyekre a preemergens alapkezelési technológia hatástalan volt. Az eredmények jól hasznosíthatóak az évelő gyomfajok biológiai tulajdonságainak kutatásában és a területen alkalmazott gyomirtási technológia értékelésében. Több kutató által is megállapítást nyert, hogy egyes gyomfajok foltjai a különböző herbicidkezelések ellenére is hosszú éveken át stabilak maradnak. Ez a *Cirsium arvense*-re is bizonyíthatóan igaz.

Összehasonlítva a kézi gyomfelvételezés fáradságos és kis mintaszámot nyújtó gyomkultúra felmérésével, azokban az esetekben, amikor nem feltétlenül szükséges a faj szerinti felmérés, hanem a faj, ill. fajcsoport előfordulása is elegendő, alkalmazható a fent említett fejlesztés.

4.4 Precíziós légi (helikopteres) növényvédelem

A 8. ábrán láthatóak a sorvezető nélkül végzett munka GPS-nyomvonalai. A 30 m munkaszélességű szórókerettel végzett permetezésnél láthatóan kisebb-nagyobb mértékben tér el az optimális csatlakozástól. Ez az eltérés sorvezető alkalmazásával lényegesen csökkenthető. Természetesen egy mezőgazdaságban használatos RTK pontosságú robotpilóta – ami a légi növényvédő gépeken jelenleg még elképzelhetetlen – pontosságát nem tudjuk elérni, de egy gyakorlott pilóta a sorvezető használatával minimálisra tudja csökkenteni a csatlakozósorok közötti eltérést.



8. ábra: A sorvezető nélkül végzett munka GPS-nyomvonalai

Fontos megemlíteni, hogy a sorvezető, bár traktorra, azaz földi felhasználásra lett kifejlesztve, a helikopter 100-130 km/h repülési sebességénél is alkalmas volt a navigálásra. A repülési útvonal naplózásával, melyet a beépített sorvezető készülék végez, lehetőség nyílik az adminisztrációs feladatok megkönnyítésére és hiteles alátámasztására. További előnyként elmondható, hogy a nehéz látási viszonyok (pl. alacsony Napállás, tájékozódáshoz szükséges tereptárgyak hiánya) mellett is a sorvezetővel az optimális munkaszéllességben tudunk repülni, mindezzel időt és vegyszert takarítunk meg mindamelllett, hogy a permetezés hatékonysága is nő. Számos kérdéses esetben, pl. az esetleges növényvédő szer által okozott kár megállapíthatóságánál, vagy a megrendelő irányába igazolásként is hasznos a lerepült területről készített útvonalterkép. Megállapítást nyert továbbá, hogy a szántóföldi permetezőgépeknél alkalmazott szakaszolás iránt a levegőben nincs igény, a rotorszél általi elsodródás miatt.

3.5 A termény minőségi paramétereinek mérése betakarítás során

A korábbi évek betakarítási eredményei alapján egyértelműen kijelenthető, hogy az arató-cséplőgépen alkalmazott kapacitív szemnedvesség mérő a magtartály telítődése, ill. ürítése során az aktuális telítettségtől függően jelentős hibaértékeket produkál. Átlagértékében ez nem jelenik meg, ugyanis a telítődés első harmadában jelentkező valós értéktől alacsonyabb adatokat ellensúlyozzák az utolsó harmadban rögzített irreális magasakat. Viszont így a helyspecifikus adatok elfogadhatatlan mértékben hibásak. Ezen nagymértékű kilengések csillapítására sikeresen alkalmaztuk az ultrahangos távolságérzékelőt. Segítségével a tartály telítettségének helyzetét folyamatosan rögzítettük, így lehetőség nyílt az aratás után a szemnedvesség adatok utólagos korrekciójára. A begyűjtött 20 minta alapján a 2008. évi kukorica betakarítás során meghatároztam a korrekciós képletet:

$$Agrocom(korrigált) = \frac{Agrocom(nyers)}{100 + \frac{(0.0085x^2 - 1.1694x + 24.092)}{100}} \quad [3]$$

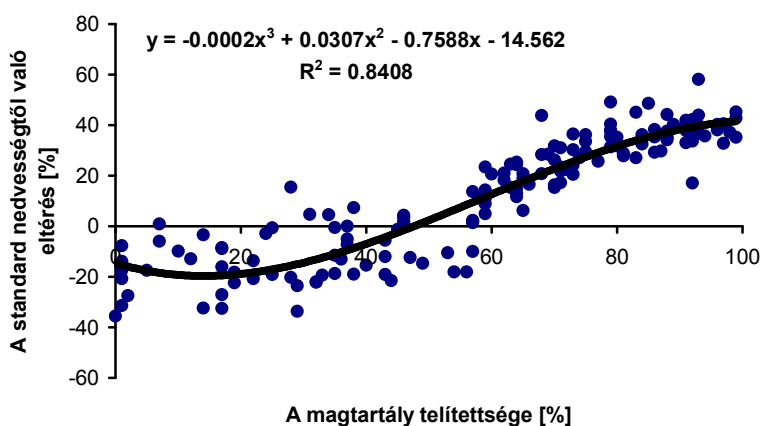
Az 1. táblázatban megtalálható egy véletlenszerűen kiemelt magtartály feltöltődési szakasza és a szenzorok által rögzített értékek összehasonlítva, a korrigált, ill. szárítószekrényes mérésekkel a 2008-as évből.

Az Agrocom ACT hozam, ill. szemnedvesség mérőrendszerének kapacitív érzékelője helyenként 4-5%-os nedvességszázalékban történő hibát mutatott, mely nem minősül elfogadható értéknek, így a gyakorlat számára pontatlannak bizonyult. Alkalmazva az ultrahangos szenzort ez az érték 1% alá szorítható.

1. táblázat: Kiemelt magtartály feltöltődési szakasz (Kukorica, 2008)

Ultrah. sz. távolság [cm]	Tartály telítettsége [%]	Szárító szekrény [%]	ACT nyers [%]	ACT korrigált [%]
162	12	20.3	17.4	20.0
142	27	19.4	16.9	20.1
127	38	18.5	15.4	18.3
116	46	19.2	16.2	18.9
87	67	19.6	18.8	19.9
58	88	18.7	21.3	19.2
45	97	17.7	21.4	17.7
41	100	18.7	24.2	19.5

Az őszi búza betakarítása során 2009-ben a begyűjtött 150 db minta alapján is meghatároztam a korrekciós egyenletet (4. képlet), melyet a 9. ábrán található függvény segítségével határoztunk meg. A szűk mérési intervallum ellenére ugyanarra az eredményre jutottunk, mint a korábbi évben.



9. ábra: A standard nedvességtől való eltérés (Őszi búza, 2009)

$$Agrocom(korrigált) = \frac{Agrocom(nyers)}{100 + \frac{(0.0002x^3 - 0.0216x^2 - 1.1399x + 41.687)}{100}} \quad [4]$$

A 2. táblázatban megtalálható egy random módon kiemelt magtartály feltöltődési szakasz, ahol a tartály telítettsége, a mért és szárítószekrényben meghatározott nedvességértékek, valamint a korrigált szemnedvesség található a 2009-as évből.

2. táblázat: Kiemelt magtartály feltöltődési szakasz (Ő. Búza, 2009)

Ultrasz. távolság [cm]	Tartály telítettsége [%]	Szárító szekrény [%]	ACT nyers [%]	ACT korrigált [%]
177	1	11.6	10.0	11.3
156	17	11.8	8.6	10.4
135	32	11.4	8.9	10.1
126	38	11.4	9.2	9.9
116	46	11.4	11.5	11.6
100	47	11.5	11.7	10.5
88	66	12.5	14.6	12.2
82	70	12.6	15.9	12.8
73	77	12.7	15.9	12.3
60	86	12.2	16.9	12.4
49	94	12.5	17.0	12.2
44	98	12.5	17.1	12.2

Összegezve a fentieket, bizonyítást nyert, hogy a kapacitív elven működő szenzor pontosságát nagyban befolyásolja a szem magtartályban lévő tömörsége. Amennyiben nem tudunk konstans anyagáramot és állandó mérési térfogatot biztosítani, szükségeszerű kiegészítő érzékelő (pl.

ultrahangos távolságérzékelő) alkalmazása, mely vizsgálataink során gyakorlati körülmények között is elérte a kívánt pontosságot.

Szintén jó megoldást jelenthet a közel infravörös technológiára épülő szenzorok alkalmazása. Az infravörös technológiára alapozott mérés széles körben való elterjedését annak magas ára jelentősen befolyásolja, viszont a jövőben az olajnövények esetében az olajtartalom, gabona esetében a fehérjetartalom, míg kukoricánál a keményítőtartalom betakarítás közbeni helyspecifikus mérésének fontos eszköze lehet, amennyiben az adott növényre hazai viszonyok mellett is megfelelő kalibrációt tudunk létrehozni. Mindenképpen további kutatásokra van szükség a gyakorlatban való alkalmazása előtt.

4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK (TÉZISEK)

1. Átdolgoztam a korábban kifejlesztett traktoros vonóerő mérő rendszert, valamint kiegészítettem egy művelési mélységet folyamatosan rögzítő ultrahangos szenzorral.
2. Vizsgálataim során megerősítettem, hogy a penetrométeres mérések szignifikánsan nem hozhatóak összefüggésbe a talajellenállással, ezért azok a gyakorlati növénytermesztés számára nem nyújtanak kielégítő információt.
3. Automatizált módszert dolgoztam ki egy TDR elven működő talajnedvesség mérő műszer kvázi folyamatos szántóföldi használatához, felgyorsítva így a kézi mintavételezés munkáját.

-
4. On-line gyom-felvételezési módszert fejlesztettem ki szántóföldi gyomtársulások valós idejű detektálásához, amelynek segítségével meghatároztam a kísérleti tábla százalékos gyomborítottságát.
 5. Bebizonyítottam, hogy a kapacitív elven működő, gabonakombájra szerelt szemnedvesség mérők (abban az esetben, ha nem konstans a mérési térfogat) nagyfokú pontatlansággal bírnak.

5. A GYAKORLATNAK ÁTADHATÓ EREDMÉNYEK

1. Megvizsgáltam a hazai helikopteres növényvédelemben alkalmazható precíziós technikák alkalmazhatóságát, különös tekintettel a sorvezetésre, mely során bizonyosságot nyert, hogy az optimális csatlakozó sorok eléréséhez a sorvezető automatika ugyanolyan hasznos eszköz a levegőben, mint a földön.
2. Kalibrációs függvényeket hoztam létre kukorica és őszi búza terményekre a kapacitív elven működő gabonakombájra szerelt szemnedvesség mérők pontosítása érdekében. A magtartály telítettségének folyamatos érzékelésével a mért adatokat utólagos feldolgozással korrigálni tudtam.

6. PUBLIKÁCIÓK

Magyar nyelven megjelent tudományos közlemények

Mesterházi P. - Milics G. - Neményi M.- **Csiba M. (2006):** Folyamatos talajnedvességmérő műszer fejlesztése. MTA AMB XXX. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás. Gödöllő. **30.** (1) pp. 16-20.

Milics G. - Neményi M. - Stépán Zs. - Ásványi L. **Csiba M. (2006):** A szemtermés tulajdonságainak mérése betakarítás során. XXXI. Óvári Tudományos Nap 2006. október 5. Mosonmagyaróvár. Előadások és poszterek összefoglaló anyaga. p. 117. Teljes anyag CD-én.

Csiba M. - Stépán Zs. - Milics G. - Neményi M. (2008): Folyamatos talajellenállás mérés – új fejlesztések. MTA AMB XXXII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás. Gödöllő. pp.139-142. Teljes anyag CD-én.

Csiba M. - Milics G. - Ásványi L. - Boros Sz. - Neményi M. (2008): TDR elven működő talajnedvesség mérő műszer vizsgálata különböző talajrétegeknél. XXXII. Óvári Tudományos Nap. Mosonmagyaróvár, 2008. október 9. ISBN 978-963-9883-05-5. Teljes anyag CD-én.

Csiba M. - Milics G. - Barthalos P. - Neményi M. (2008): A Cone-féle penetrométer által mért talajellenállás és a művelő eszközre ható erő kapcsolata. XXXII. Óvári Tudományos Nap. Mosonmagyaróvár, 2008. október 9. ISBN 978-963-9883-05-5. Teljes anyag CD-én.

Csiba M. - Stépán Zs. - Milics G. - Neményi M. (2008): A talajellenállás folyamatos mérése – új fejlesztések. Mezőgazdasági Technika XLIX. évfolyam, 2008. június. pp. 2-3.

Csiba M. - Szép R. - Neményi M. - Mesterházi P.Á. (2009): A precíziós növénytermesztési technológia alkalmazási lehetősége helikopteres növényvédelemben. Mezőgazdasági Technika, L. évfolyam, 2009. december. pp. 16-17.

Csiba M. - Reisinger P. - Neményi M. - Kőmíves T. (2009): Szenzoros vizsgálatok a gyomnövények valós idejű detektálására. Magyar Gyomkutatás és Technológia. X. évfolyam. **2.** pp. 63-70.

Csiba M. - Milics G. - Smuk N. - Neményi M. (2009): A fenntartható fejlődés kihívása és az erre adható válasz a magyar mezőgazdaságban. Mezőgazdaság és vidék jövőképe. Mosonmagyaróvár. 2009. április 17-18. (2) pp. 264-272.

Csiba M. - Reisinger P. - Stépán Zs. - Kőmíves T. - Neményi M. (2010): Szántóföldi gyomnövények detektálása on-line módszer sefítségével. Növényvédelmi Tudományos Napok 2010. p. 41. ISBN 963 8131 071.

Angol nyelven megjelent tudományos közlemények

Csiba M. - Stépán Zs. (2008): Continuous on-field draw force measurements to evaluate site-specific soil strength. Cereal Research Communications. Akadémiai kiadó. **36.** (3) pp. 1867-1870. ~~IF=1.037~~

M. Csiba - Zs. Stépán - G. Milics - M. Neményi (2008): Continuous soil draft measurement – new developments. 5th International Soil Conference ISTRO Czech Branch - Brno 2008. Soil and Tillage: New Perspectives. p. 45. Teljes anyag CD-én.

M. Csiba - M. Neményi (2008): Continuous tillage force measurements – New Developments. Hungarian Agricultural Engineering. **21.** pp. 19-20. HU ISSN 0864-7410

Csiba M. (2009): Comparison between capacitance and NIT sensing technology to continuously evaluate grain moisture during harvest. Cereal Research Communications. Akadémiai kiadó. **37.** pp. 73-76. ~~IF=1.190~~

Magyar nyelven megjelent összefoglalók

Csiba M. - Stépán Zs. - Milics G. - Neményi M. (2008): Continuous Soil Draft Measurement – New Developments. MTA AMB XXXII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás előadásainak és konzultációs témáinak összefoglalója. **32.** p. 20.

Csiba M. - Neményi M. (2008): A termőhely-specifikus talajművelés műszaki feltételrendszere, különös tekintettel a művelési mélység, ill. a

vontatási ellenállás mérésére. Fiatal kutatók az élhető Földért. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, ISBN: 978-963-9935-02-0, p. 73.

Angol nyelven megjelent összefoglalók

Mesterházi P. Á.- Milics G - Neményi M. - **Csiba M. (2006)**: Development of continuous soil moisture sensor. MTA AMB XXX. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás előadásainak és konzultációs témáinak összefoglalója. **30.** p. 6.

Milics G. - Neményi M. - **Csiba M.** - Ásványi L. - Stépán Zs. **(2007)**: Grain harvesting- Based on precision techniques with special regard to produce bioethanol. MTA AMB XXXI. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás. Gödöllő. Az előadások és konzultációs témák tartalmi összefoglalói. pp. 14-15.

M. Csiba - Zs. Stépán - G. Milics - M. Neményi **(2008)**: Continuous on-field tillage force monitoring. EUROSOIL 2008, Wien. Book of Abstracts (CD).

Ismeretterjesztő közlemények

Kacz K. - **Csiba M.** - Kocsis S. **(2007)**: Az erőgépek teljesítményének és a talajművelő eszközök munkaminőségének összehangolása a talajellenállás figyelembe vételével. Agro Napló, Országos Mezőgazdasági Szakfolyóirat, XI. évfolyam 2007/9. szám, gépesítés pp. 38-40.