

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

NYÉKI ANIKÓ ÉVA

MOSONMAGYARÓVÁR

2016

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR
MOSONMAGYARÓVÁR
Biológiai Rendszerek Műszaki Tanszék

Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer- tudományi
Multidiszciplináris Doktori Iskola

Doktori Iskola vezetője: Prof. Dr. Neményi Miklós egyetemi tanár, az
MTA rendes tagja

Program: Haberlandt Gottlieb Növénytudományi Doktori Program
Programvezető: Prof. Dr. Ördög Vince

Témavezető:
Prof. Dr. Neményi Miklós (DSc.) MHAS

A PRECÍZIÓS NÖVÉNYTERMESZTÉS ÉS A FENNTARTHATÓ
MEZŐGAZDASÁG KAPCSOLATA

Készítette:
NYÉKI ANIKÓ ÉVA

MOSONMAGYARÓVÁR
2016

1. BEVEZETÉS

Kutatásai során a szerző a talaj-növény-légkör rendszer összefüggéseit vizsgálta precíziós, helyspecifikus körülmények között a Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) szoftver Ceres-Maize növényfiziológiai modelljével. A kísérleteket vetésforgóban vizsgálta. A vizsgálatok során elsősorban félüzemi kísérletben, management zónákra leképezve mutatja be a kukorica hozambecsléseket eltérő szezonális körülmények között. Ezen területen a fenntartható növénytermesztés kulcskérdéseként tárgyalt klímaváltozás hatásait is vizsgálta a 21. század végéig történő modellbecslésekkel, valamint a modell klíma- és talajparamétereinek érzékenységi vizsgálatával. A szerző az eltérések okát a talajfizikai jellemzők változásának függvényében elemezte 11 vizsgálatba vont management zónában. Megállapította, hogy eltérő csapadékeloszlású évben az agyagtartalom változásának függvényében milyen módon becsült tévesen a modell, feltárta ennek okait, illetve a klímaadatbázisok adaptálásával meghatározta a modell érzékenységének inputparaméterekre vonatkozó reagálását.

A dolgozatban az új eredmények bemutatásán kívül kiemelten fontosnak tartotta, hogy helyspecifikus, precíziós növénytermesztési technológiák adaptációjával olyan – a ma még Magyarországon el nem terjedt - szaktanácsadási rendszer alapjait teremtsen meg, mely a jövőbeni fenntartható szemléletű mezőgazdaság, növénytermesztés céljait kielégíti, lehetőségeit optimálisan kihasználja.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. A kísérleti terület jellemzői

A precíziós, helyspecifikus szántóföldi kísérleteinket négy éven keresztül (2012-2015) a Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar (jogelőd: Nyugat-magyarországi Egyetem, MÉK) területén végeztük a 80/1 elnevezésű (K2XEW-3-12 MEPAR kódú), a Tangazdaság kezelésében lévő kísérleti táblán. A 23,9 ha-os tábla 66 kezelési egységre (1.a ábra), úgynevezett management zónára osztott terület, melynek minden egysége körülbelül 0,25 ha-os (~50x50 m) egységet jelent, ezzel a precíziós kísérletbe vont terület nagysága 15,3 ha. Az öntött, üledékes jellegből adódóan a szántóföldi táblán 3 talajtípus kategória is megtalálható: vályog, iszapos- és homokos vályog talajok.

2.2. A modell kalibrálása

A modell (DSSAT - CERES-Maize version 4.5.1.005 Cropping System Model) futtatásához a kísérleti terület termésbecslését minden egyes kezelési egységre elvégeztük, tehát összesen 66 futtatást készítettünk a 15,3 ha-os területre. Induló paraméterek közt kellett megadni a különböző technológiai elemeket, ezt minden évre az adott termesztési jellemzők képezték (a hivatalos táblatorzskönyvben is szereplő adatokkal).

A klímahatás vizsgálatnál a 2013-as évet tekintettük bázisévnak, tehát ennek az évnak az agrotechnológiai műveleteit és adatait használtuk fel.

2.2.1. Talajparaméterek

A modell talajadat igényét a talajminták laboratóriumi eredményei alapján adaptáltuk. A modellben 30 cm jelent egy talajréteget, így a 30 cm-ről vett minták adatai megfeleltek a modell igényének.

A 2010 és 2011 évekre végzett hozambecslésekhez a 2009-es talajvizsgálati eredményeket használtuk fel, a további évek, valamint a klímahatás analíziséhez a 2012-es minták eredményeit vontuk vizsgálatba.

A talajmintavétel 2012 októberében, az általános talajvizsgálati eredmények kiértékelése az első kísérleti évben készült el. A mintákat 30 cm-es mélységben, átlós, rács mintavételezési stratégiával vettük a kísérleti tábla egészén, 66 kezelési egységen. A minták elemzésére akkreditált laborban (UIS Ungarn Kft., Synlab; NÉBIH – Velencei Talajvédelmi Laboratórium), bővített talajvizsgálati módszerrel került sor.

2.2.2. Meteorológiai paraméterek

A meteorológiai adatokat a Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karának Agrometeorológiai Intézeti Tanszék Meteorológiai Mérőállomása (Mosonmagyaróvár; lat= 47°53'22.44" lon= 17°16'03.53") nyújtotta. A mérőállomás 1,8 km-re fekszik a kísérleti táblától.

A DSSAT adatigénynek megfelelően a meteorológiai adatokat napi felbontásban adaptáltuk a modellbe, melyek a következők voltak: globálsugárzás (MJ/m^2), maximum hőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$), minimum hőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$), csapadék (mm), széleseesség (m/s) és a relatív páratartalom (%).

2.2.3. Klímaparaméterek

A klímahatás vizsgálatban a klímaszcenáriókat az Ensembles projekt nyilvános adatbázisa nyújtotta. Hat, validált regionális klímamodellt (C4I-HadCM3, DMI-ARPEGE, KNMI-ECHAM5, SMHI-BCM, ETZH-

HadCM3Q, MPI-ECHAM5) tudtunk adaptálni az előrevetített kukorica hozamok számításához, mivel ezek napi bontásban nyújtanak számunkra információkat. A klímaadatokat a kísérleti táblánkhöz legközelebbi koordinátákkal (lat = 47.905615; lon = 17.252363) töltöttük le. A klímaadatbázisok az A1B kibocsátási szenárió keretén belül definiáltak. A fenti meteorológiai paraméterek kiegészülnek a potenciális evapotranspiráció és a napfényes órák hosszainak jellemzőivel.

2.3. Talajfizikai tulajdonságok meghatározása

2.3.1. Talajellenállás vizsgálata 3T System mérőrendszerrel

A penetrációs ellenállás mérését (Cone Index – *CI*) 3T System mérőrendszerrel („3T SYSTEM” Elektronikus Talaj Réteg Indikátor – „Penetrométer”) végeztük, az előzetes EC_a térkép alapján kijelölt pontokon (11; 1.b ábra), egy mérési helyen 5 ismétlésben.

A mérések minden kísérleti évben ismétlésre kerültek a kísérleti tábla kezelési egységein az adott referenciapontokon.

2.3.2. A talaj fajlagos elektromos vezetőképesség (EC_a) mérése

A talaj fajlagos elektromos vezetőképességének adatait Veris 3100-as készülék alapján felvett mérésekre alapoztuk. A műszer közepén elhelyezkedő elektródái a talaj 0-30 cm-es mélységéig képesek az adott réteg elektromos vezetőképességét mérni. A disszertáció három EC_a mérés adatait dolgozza fel.

2.3.3. A talaj nedvességtartalmának mérése

A talaj nedvességtartalmának mérése céljából vett talajminták a talaj penetrációs ellenállás méréseivel egyidőben történtek. A mintákat fém

hengerekbe tettük, majd szárítószekrényes eljárással 105 °C-on 48 órán keresztül szárítottuk tömegállandóságig.

2.4. Növényi minták elemzése

A kukorica növényi mintavételre 2015. július 31.-én került sor minden mintavételi helyről véletlenszerűen választott 10 növény mintavételezése után azok gyökérhosszúságát, valamint tömegét mértük meg laboratóriumi mérleggel.

2.5. Érzékenységi vizsgálat

A tesztben a talaj fizikai és kémiai paraméterek mellett a klímaszenáriók hatását elemeztük. A bemenő paraméterekkel több ezerszer (> 2000) futtattuk le a modellt az adott paraméter mátrix alapján, hogy a számított indexek konzisztensek legyenek. A szimulációk után a vizsgált talajparaméterekre (pH₁, pH_{víz2}, humusz₃, CaCO_{3 4}, P₂O_{5 5}, K₂O₆, Ca₇, NO₂-NO₃-N₈, szerves-anyag tartalom₉, SO_{4 10}, agyag%₁₁, térfogattömeg₁₂, homok₁₃, só%₁₄, iszap%₁₅) az egyes paraméterek főhatás és teljes hatás érzékenységi indexeit határoztuk meg. A talajparaméterek a fent említett, külön vizsgálatba vont 11 management zóna talajmintavételi eredményeiből származó adatok voltak. A kiértékeléseket a 2 szélsőértéket adó szenárióra végeztük el: SMHI-BCM és ETZH-HadCM3Q. A klímaparamétereket az AgMIP koncepciója, érzékenységi vizsgálata alapján határoztuk meg a következő paraméterekre: minimum és maximum hőmérséklet, csapadékmennyiség és CO₂ koncentráció (ppm).

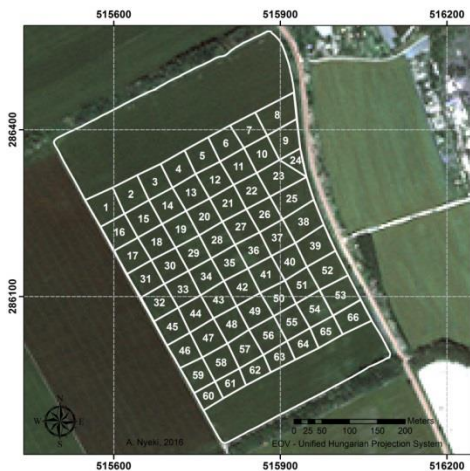
3. EREDMÉNYEK

3.1. A kukorica hozampredikciók eredményei

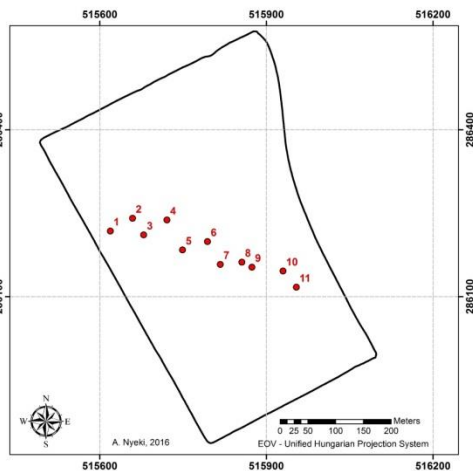
Kutatásaink, elemzéseink fő célja az volt, hogy a fenntartható növénytermesztés szempontjából alapvető, úgynevezett döntéstámogató modellt adaptáljuk és pontosságát vizsgáljuk precíziós, helyspecifikus körülményeket figyelembe véve.

A kukorica hozampredikciókat 2010, 2011, 2013, 2014 és a 2015-ös évek adatai alapján végeztük el. A mért és a számolt hozamokat először táblaszinten elemeztük, ami azt jelentette, hogy a 66 kezelési egység hozamát egyenként becsültük (1.a ábra). Annak ellenére, hogy minden év becsléseihez az adott év agrotechnológiai, meteorológiai, valamint minden kezelési egységhez a hozzá tartozó talajminta-eredményeit használtuk fel, a modell csak táblaszinten becsült megfelelőnek tekinthető eredménnyel.

A vizsgálatba vont 11 kezelési egységben a Ceres-Maize modell a növény vegetációs idejére vetített pozitív vagy negatív vízmérlege mellett szisztematikusan felül- és alulprediktált. Szárabb kondíciókat figyelembe véve felülbecsült 2011-ben és 2015-ben. Extrémebb csapadékos években (2010 és 2014) a modell értékei kiemelkedően magasabbak voltak a számolt hozamoknál. A 11 kezelési egység (1.b ábra) mért és modellezett hozamadatai a management zónák agyagtartalmának függvényében emelkedtek (2010, 2014), vagy csökkentek (2011, 2015). Ennek oka valószínűleg a talajfizikai tényezők, annak változásai, amit a modell meglehetősen nagy hibával becsült. A becslés pontossága a 2013-as évi értékek szerint volt a legjobb. A kukoricahozamok az előzőleg bemutatott 4 évhez képest a 11 kezelési egységben egy sokkal kiegyenlítettebb a becsült és mért hozamkülönbséget mutatnak.



a,



b,

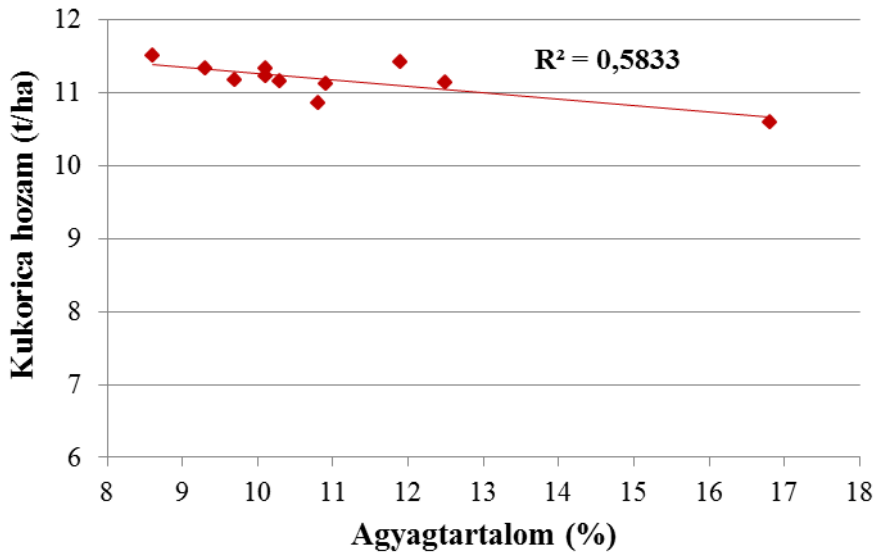
1. ábra. A kísérleti tábla a 66 kezelési egységgel (a) és a vizsgálatba vont 11 referenciaponttal (b)

3.2. Talajfizikai tulajdonságok meghatározása

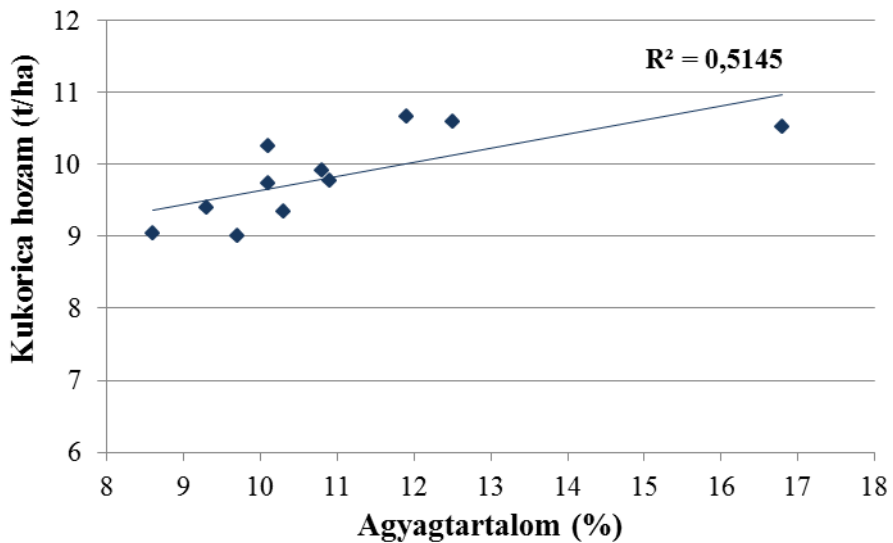
Talajtípus

A vizsgált kezelési egységekben (11) a szemcsefrakció jellegzetesen megváltozik. A kísérletbe vont management zónák elhelyezkedésének irányában a talaj agyagtartalma 16,8%-ról 8,6%-ra csökken, a homoktartalom 30,6%-ról ~ 50%-ra nő.

A 2. ábra szemlélteti, hogy ezen management zónák szemtermései aszályosabb évben csökkennek, míg csapadékosabb időszakban nőnek az agyagtartalom függvényében (3. ábra). A csapadékosabb két évjáratban (2010 és 2014) a management zónák agyagtartalmai valamint a mért hozamok között pozitív lineáris kapcsolatot találtunk. Ez azt jelenti, hogy a magasabb agyagtartalmú kezelési egységekben mért szemtermés eredmények nagyobbak voltak.



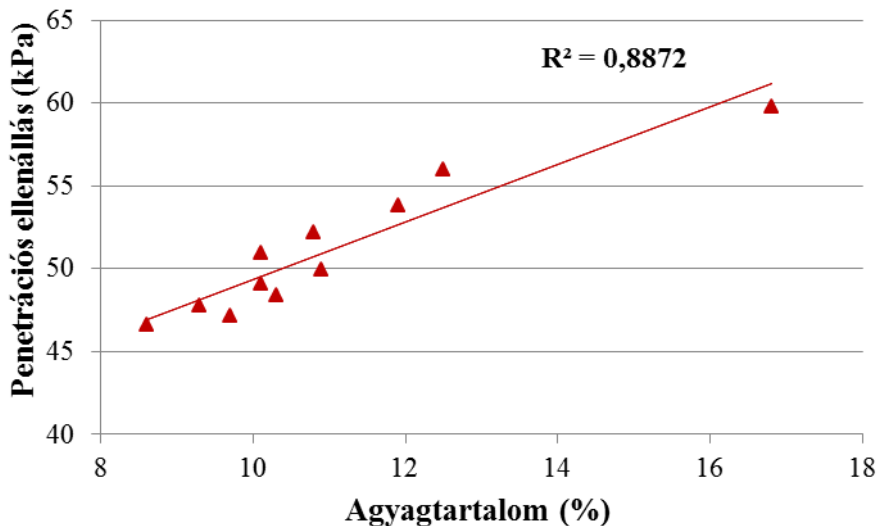
2. ábra. Kukorica hozam változása a vizsgált kezelési egységekben az agyagtartalom (%) függvényében (2011 – száraz év)



3. ábra. Kukorica hozam változása a vizsgált kezelési egységekben az agyagtartalom (%) függvényében (2010 – csapadékos év)

A két csapadékos évet összehasonlítva, annak eredményei 2010-ben megfelelő regressziós modellhez kapcsolhatók ($R^2=0,5145$), 2014-ben a paraméterek között nem találtunk szignifikáns összefüggést, de tendenciája megegyező volt a 2010-es eredménnyel. A vizsgált 11 kezelési egységben a szárazabb, aszályosabb években (2011 és 2015) az agyagtartalom emelkedésével a kukorica hozam csökkenő tendenciát mutatott. A 2011-es évben az agyagtartalom és a hozam között jó regressziós lineáris modellt lehetett alkalmazni ($R^2=0,5833$), míg a 2015-ös a független változók között gyengébb negatív lineáris kapcsolat volt.

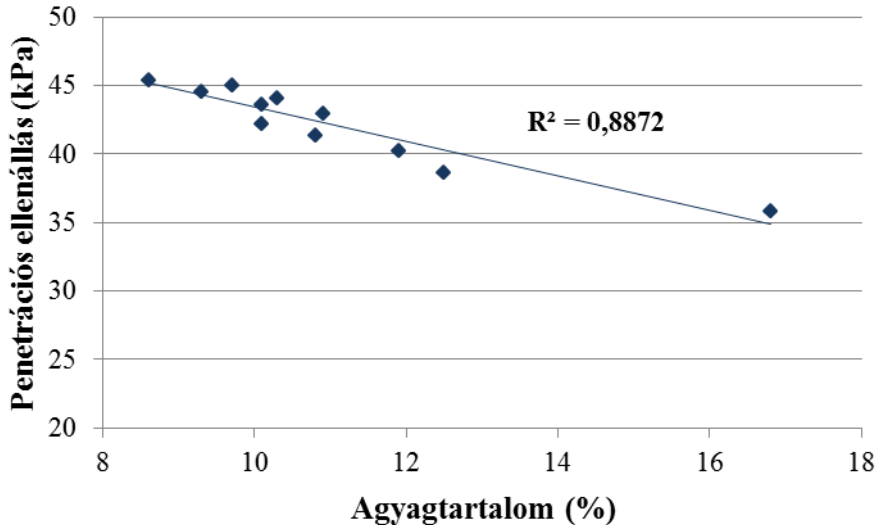
Penetrációs ellenállás



4. ábra. Penetrációs ellenállás az agyagtartalom függvényében a 11 kezelési egységben (2015 – száraz év)

A 2015 júliusában mért ellenállás értékek (kPa) az agyagtartalommal pozitív lineáris korrelációban voltak (4. ábra), további évek tendenciája

megegyező. Az ellenállási értékek és az agyagtartalom regresszió analízise $R^2 = 0,89$ korrelációt mutatott a 2015 júliusában felvett értékekkel.

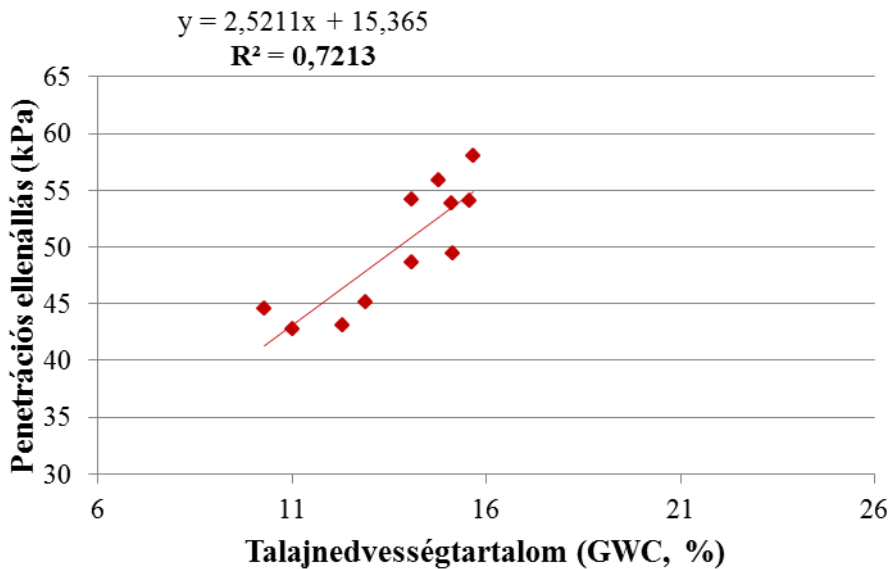


5. ábra. Penetrációs ellenállás az agyagtartalom függvényében a 11 kezelési egységben (2014 – csapadékos év)

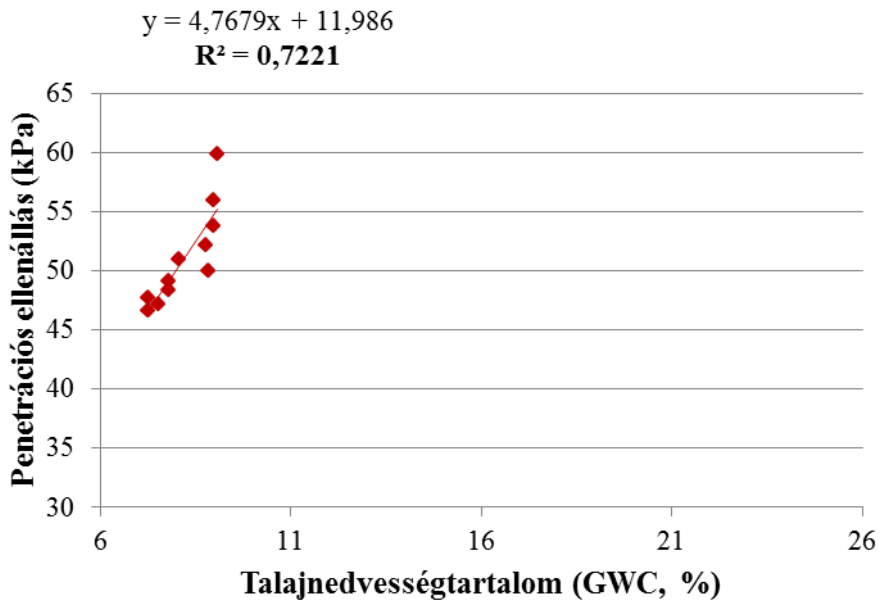
Az agyagtartalom és az *CI* értékei negatív összefüggést mutattak a 2014. augusztus elején (5. ábra) és 2013 novemberében végzett mérések alapján. $R^2=0.89$ értéket vett fel az összefüggésre illeszkedő függvény a 2014-es ellenállás-mérésnél.

A fentiek alapján megállapítható, hogy a legjobb összefüggést a talaj-behatolási ellenállás és az agyagtartalom között a mérési helyeken a kukorica vegetációs fázisaiban kaptuk. Az ellenállás-értékek alapján igazolható, hogy a magasabb agyagtartalmat tartalmazó kezelési egységek ellenállása 2015-ben nagyobb volt, a 2014. évi értékek szerint pedig alacsonyabb. A 6. és 7. ábrák

a 2012-es és 2015-ös talajellenállás-mérési és nedvesség-tartalom összefüggéseit mutatják be a 11 vizsgálatba vont kezelési egységben.



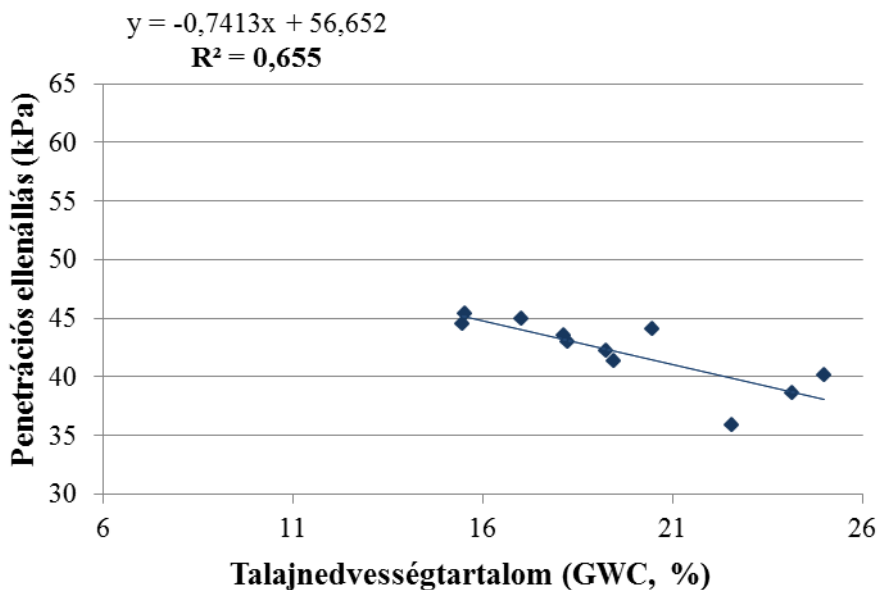
6. ábra. A talaj nedvességtartalma és a talajellenállás közötti összefüggés (2012)



7. ábra. A talaj nedvességtartalma és a talajellenállás közötti összefüggés (2015)

Mindkét ábra szemlélteti a változók közötti szoros pozitív összefüggést (2012 – $R^2=0,7213$; 2015 $R^2=0,7221$), miszerint a nedvességtartalom növekedésével nőttek a *CI* értékek is. Ez a kapcsolat többek között azt jelenti, hogy a magasabb agyagtartalmú kezelési egységekhez nagyobb talajellenállás értékek tartoztak.

A 8. ábra a 2014 augusztusában mért talajellenállás értékek és a talajnedvesség-tartalom közötti összefüggést ábrázolja. A *CI* értékei és a gravimetrikus talajnedvesség-értékek jó összefüggést mutatnak ($R^2=0,655$). A nedvességtartalom - mely az agyagtartalom függvényében nő – növekedésével a talajellenállás csökkent a vizsgált kezelési egységekben. Az előbbieken bemutatott mérésekhez képest a *CI* csökkent.

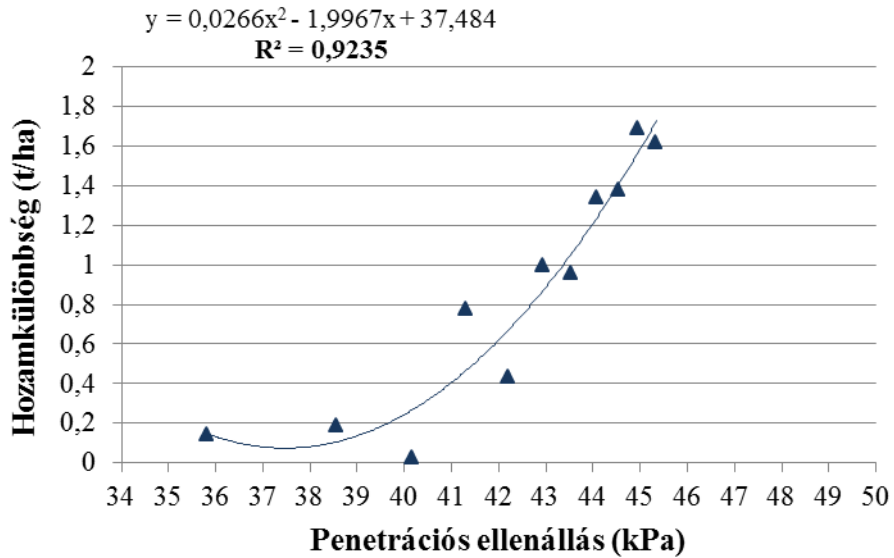


8. ábra. A talaj nedvességtartalma és a talajellenállás közötti összefüggés (2014)

A magasabb ellenállás-értékekkel rendelkező kezelési egységekben alacsonyabb kukorica hozamot mértünk, míg az alacsonyabb *CI*-t jelentő mérési pontok egységei jobb termést értek el.

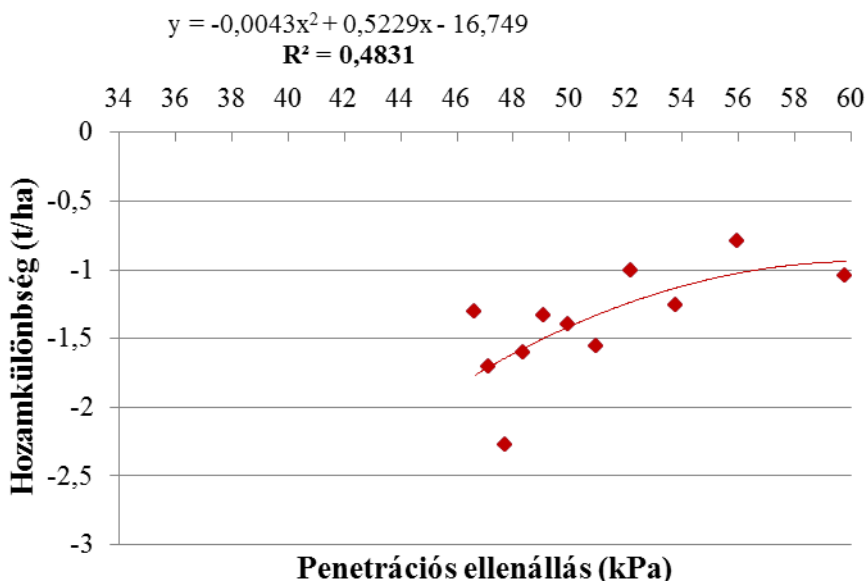
A fentiek alapján megállapítható, hogy a vizsgált kezelési egységek talajnedvesség és ellenállás értékei direkt módon befolyásolták a kukorica hozamot. Figyelembe véve, hogy a lehullott csapadék mennyiségében jelentős különbség volt a mérési időpontokban, kijelenthető, hogy a jelenség oka a megváltozott talajmechanikai szerkezet.

A talajfizikai tényezőket együttesen értékelve kijelenthető, hogy a modell becslési hibája a talajnedvesség tartalma és a frakcióméret összefüggéseiből adódik. Az elvégzett szimulációs kísérlet, valamint a szántóföldi mérések igazolják, hogy a magasabb csapadékmennyiség vezetett a kukorica fenológiai, fejlődési, növekedési változóinak pontatlan becsléséhez. Ezek alapján a 2015 év alulbecsléseit a 2015 augusztusában elvégzett talajellenállási értékekkel korigáltuk (9. ábra).



9. ábra. A mért és becsült kukorica hozamkülönbségek a talajellenállás függvényében
(2014 – csapadékos év)

Az alacsonyabb csapadék-ellátottságú év mért és szimulált hozamkülönbségeit alacsonyabb nedvességtartalomnál felvett *CI* értékek függvényében ábrázolva jó összefüggés mutatható ki (2015 – $R^2=0,5252$).



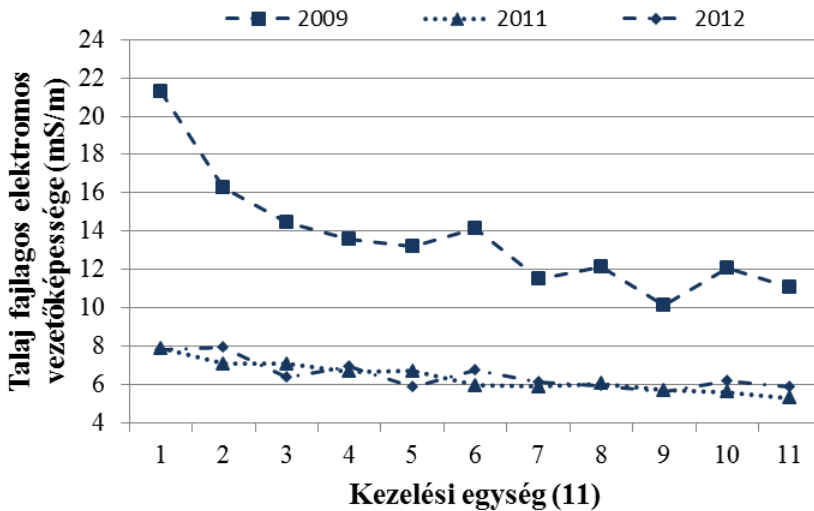
10. ábra. Az mért és becsült kukorica hozamkülönbségek a talajellenállás függvényében (2015 – száraz év)

Az elvégzett szimulációs kísérlet, valamint a szántóföldi mérések igazolják, hogy a nagyobb csapadékmennyiség vezetett a kukorica fenológiai, fejlődési, növekedési változónak pontatlan becsléséhez.

Fajlagos elektromos vezetőképesség

Az egyes években gyakorlatilag nem változik az EC_a mintája a táblán belül, csupán a talaj nedvességtartalmának függvényében tolódik el (11. ábra). A management zónák agyagfrakciójával az EC_a felvételezések közül a legnagyobb determinációs együtthatót a 2009-es év felvett adataival mutatták ki ($R^2=0,95$), míg a másik két mérést illetve nem volt ilyen szorosan meghatározható a kapcsolatuk (2012 - $R^2=0,67$ és 2011- $R^2=0,79$). A 11 vizsgált kezelési egység kukorica hozamadatait összehasonlítva minden on-

line vezetőképesség-mérésünkkel jó összefüggést mutat. 2009-ben a talaj felső 30 cm-es rétegében mért EC_a eredményeket és a vizsgált négy év kukorica hozamainak összefüggései a következőképpen alakultak: a 2015-ös ($R^2=0,6781$) és 2011-es ($R^2=0,4851$) hozam adatok, polinom alakú regressziós függvényt illesztve a változókra, jó összefüggést adnak; a 2010-es ($R^2=0,7408$) és 2014-es ($R^2=0,2146$) adatok összefüggése pozitív kapcsolatban van. Mivel az EC_a által mért adatok alapján szintén következtetni lehet a talaj nedvességtartalmára és agyagtartalmára, ez az összefüggés igazolja a fent bemutatott vizsgálatok eredményeit is, illetve a hipotézisünkre magyarázattal szolgálnak, valamint az ellenállás-mérésekkel összefüggésbe kell hozni, hogy a vegetációs időszak talajkondíciójának állapotára, és a növényi jellemzőkre következtetni lehessen.



11. ábra. A talaj fajlagos elektromos vezetőképességének (30 cm) változása a kijelölt management zónákban (2009, 2011, 2012)

3.3. Növényi minták elemzése

A 11 management zónából gyökérzetével együtt begyűjtött kukoricánövény gyökértömegét és hosszát mértük meg. A kezelési egységek agyagtartalmai és a gyökértömeg (g) között $r = -0,94$, míg a gyökérhosszal (cm) $r = -0,62$ korrelációs értéket kaptunk. A növényi minták laboranalitikai vizsgálata után megállapítottuk, hogy a talaj agyagtartalma, valamint a növényi szár N-tartalma között $r = -0,82$, a növényi levél N-tartalmával $r = 0,88$ korrelációban van.

3.4. Klímahatás vizsgálatok eredményei

A Ceres-Maize modellel a kukorica klímahatás-vizsgálatokban szinte minden klímaadatbázissal egy ~2050 környékén feltehető változás bekövetkeztét jósolja. A klímamodellek ekkorra nagy hőmérsékletváltozást jósolnak, és a sugárzási stressz is hatással lehet a hozamok alakulására. Az SMHI-BCM klímaadatbázis nem, vagy viszonylag kismértékű, de csökkenő változást jósol. Míg az elemzéseink alapján legszélsőségesebbnek, legnegatívabbnak ítélt klímamodel (ETZH-HadCM3Q) közel 60%-os hozamcsökkenést feltételez az általunk vizsgált területen.

Az Ceres-Maize modellel kapott hozampredikciók és a varianciavizsgálattal végzett érzékenységi teszt a kezelési egységek talajparamétereit (15) rangsorolta fontosságuk alapján. A klímaadatbázisok és az öt időpontra elkészített hozamok alapján a talajparaméterekre vonatkozó összesített helyezési index alapján a sorrend: P_2O_5 , agyagtartalom, szervesanyag tartalom, NO_2 - NO_3 -N lett.

A CO_2 növekedés és a csapadék emelkedése szinte mindig hozamnövekedést okoz, a hőmérséklet maximum növekedése egy

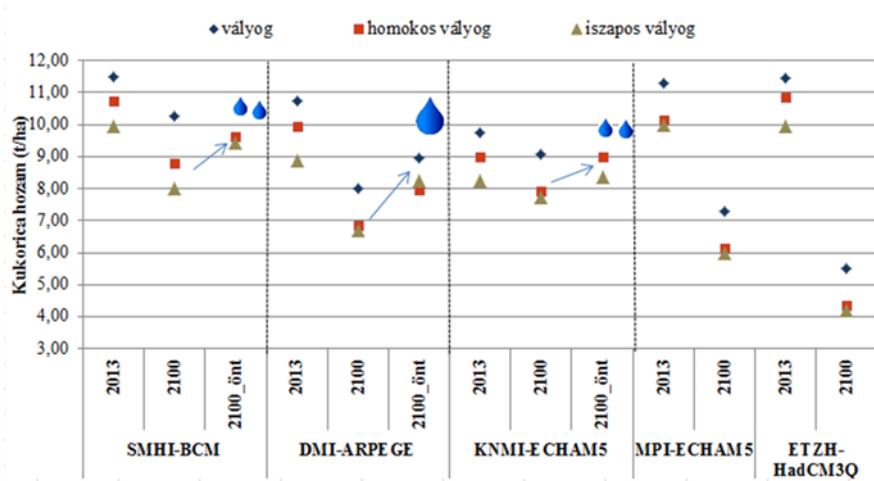
klímamodell kivételével mindig csökkenti a hozamot, és a hőmérséklet minimum emelkedése is általában növeli a hozamot.

A hozamszimulációk és a klímamodell paraméterek érzékenységi rangsorából kapott eredmények alapján a talajparaméterekre vonatkozó hatásindexeket két klímamodellre végeztük el: SMHI-BCM és az ETHZ-HadCM3Q.

A modellel végzett klímahatás vizsgálatokban, és az arra épülő érzékenység-analízis eredmény alapján bizonyítottuk, hogy a modell érzékenysége kiterjed az agyagfrakcióra. A klímaváltozás kukoricatermesztésre tett negatív hatását tápanyag-utánpótlással mérsékelni tudjuk, azonban annak megfelelő idejének és technológiai feltételeinek meghatározása még további vizsgálatokat von maga után. A növényfiziológiai modell által becsült értékek alapján nyilvánvalónak tűnik, hogy a klímaváltozás hatásait precíziós, helyspecifikus öntözéssel mérsékelni tudjuk annak érdekében, hogy a jövőben is fenntartható kukoricatermesztést valósítsunk meg a fent leírt kondíciók mellett. Természetesen, az ilyen jellegű iránymutatások rögzítésénél nem lehet figyelmen kívül hagyni az agrotechnológiai feladatokat (precíziós talajművelés, vetés, tápanyag-utánpótlás és növényvédelem), a genetikai fejlődést, valamint az úgynevezett csúcstechnika fejlődését.

Mint, ahogy a 12. ábrából látható, két klímamodell esetén (MPI-ECHAM5 és ETHZ-HadCM3Q) az előrejelzés olyan mértékű hozamcsökkenést feltételez, amely várhatóan a kukoricatermesztést nem teszi fenntarthatóvá. Az SMHI-BCM és a KNMI-ECHAM5 modell helyspecifikus öntözéssel a klímaváltozásból adódó hozamcsökkenés jelentősen mérsékelhető. A DMI-ARPEGE modell megvalósulásakor a

hozamcsökkenés az egész tábla, vagyis mindhárom talajtípusnál szükséges öntözéssel mérsékelhető.



12. ábra. Öntözéssel kapcsolt kukorica hozampredikciók az alkalmazott klímaadatbázisokkal

4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK (TÉZISEK)

- 1. A kukorica hozampredikciók alapján meghatároztam, hogy a növény vegetációs időszakának negatív vízmérlege miatt adott talajtípuson (8,6 -16,8 %-os agyag és 30,6 - 54,7 %-os homoktartalom változása mellett) milyen arányban becsül alul a Ceres-Maize modell; pozitív vízmérleg esetén pedig hogyan prediktálja túl a kukoricahozamot adott agrotechnológiai feltételeknél.**
- 2. A modell pontatlanságának okait vizsgálva, a penetrációs ellenállás-mérésekkel és az érzékenység-vizsgálattal (klímahatás vizsgálat) bizonyítottam, hogy a talajtextúra (agyag és homok) és nedvességtartalom együttes változása okozza az eltéréseket.**
- 3. Penetrációs-ellenállás méréseim alapján kijelentem, hogy az alacsonyabb agyagtartalom értékeknél (8,6 - 16,8 % közötti agyag- és 54,7 - 30,6 %-os homoktartalom tartományokban) magasabb talajnedvesség-tartalom mellett viszonylagosan csökken a penetrációs ellenállás, míg a magasabb agyagtartalomnál alacsonyabb nedvesség-tartalom mellett növekszik.**
- 4. A penetrációs ellenállás-méréssel felvett értékek elemzése után megállapítható, hogy a kukorica vegetációs időszakában mért értékek szoros összefüggésbe hozhatók mind a talajtextúrával, mind a kukoricahozammal.**
- 5. Vizsgálataim alapján megállapítottam, hogy a vizsgált talajtípusnál bármilyen talajnedvesség-tartalom mellett a talaj fajlagos elektromos vezetőképességének mérési lehetősége helyspecifikus felvételt biztosít a feltalaj-tömörödöttségről is.**

6. Az alkalmazott döntéstámogató rendszer és a hozambecslések pontossága a vegetációs időszakban végzett helyspecifikus mérésekkel javítható, a rendszer jól alkalmazható homogén kezelési egységekben is. A fenntartható növénytermesztés kritériumai a precíziós, helyspecifikus technológiák alkalmazásával javíthatóak.

5. PUBLIKÁCIÓS LISTA

I. IDEGEN NYELVEN MEGJELENT TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

Milics, G. - Kovács, A. J. - Pörneczi, A. - **Nyéki, A.** - Varga, Z. - Nagy, V. - Lichner, L. - Németh, T. - Baranyai, G. - Neményi, M., 2016. Soil moisture distribution mapping in topsoil. *Biohydrology (Accepted)*. IF: 1.469

Nyéki, A. – Milics, G. – Kovács, A. J. – Neményi, M. 2016. Effects of soil compaction on cereal yield: review. *Cereal Research Communications (In Press)*. IF: 0.607

II. TUDOMÁNYOS KONFERENCIÁK TELJES TERJEDELEMBEN MEGJELENT ANYAGAI

Nyéki Anikó – Varga, Z. – Milics, G. – Kovács, A. J. – Neményi, M. 2012. Nitrogén-ellátás meghatározása a DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) döntéstámogató modell segítségével. XXXIV. Óvári Tudományos Nap, Mosonmagyaróvár, 2012. október 5.

Nyéki, A. – Milics, G. – Kovács, A. J. – Neményi, M. 2013. Improvement of decision support models in a site-specific precision plant production system. *Proceedings. International Scientific Conference for PhD Students. Győr, 2013. március 19-20. 219-223.*

Nyéki, A. – Milics, G. – Kovács, A. J. – Neményi, M. 2013. Improving yield advisory models for precision agriculture with special regards to soil compaction in maize production. *Precision Agriculture'13. Proceedings. 9th European Conference on Precision Agriculture. Lleida, Spanyolország. 2013. július 7-11. 443-450.*

Független idéző: 1

Schmidt, R. – Milics, G. – Mogyorósi, B. – **Nyéki, A.** – Szakál, P. – Neményi, M. 2013. Nutrient replenishment research at University of West Hungary approaches in precision agriculture. *The 4th International Scientific Conference Applied Natural Sciences. Book of Abstracts. Ondrejovic, M. és Nemecek, P. (szerk.) Novy Smokovec, Szlovákia. 2013. október 2-4.*

Nyéki, A. – Kalmár, J. – Kovács, A. J. – Milics, G. – Neményi, M. 2014. A klímaváltozás hatásának vizsgálata döntéstámogató fiziológiai modellel a század végéig. In: Schmidt Rezső, Bali Papp Ágnes (szerk.) XXXV. Óvári Tudományos Nap: A magyar nemzetközi agrár-és élelmiszergazdaság lehetőségei. Mosonmagyaróvár, 2014.november.13. pp.361-367. (ISBN:[978-963-334-194-0](#))

Kovács, A. J. - **Nyéki, A.** - Milics, G. - Neményi, M. 2014. Climate Change And Sustainable Precision Crop Production With Regard To Maize (Zea Mays L.) In: J. Stafford; J. S. Schepers (szerk.) 12th International Conference on Precision Agriculture. Sacramento, USA, 2014.július 20-23. pp. 1-14.

Nyéki, A. – Milics, G. – Kovács, A. J. – Neményi, M. 2015. Basic elements of sensitivity analysis of climate change impact special regard to precision maize production. In: M. Neményi; A. Nyéki (szerk.) Proceedings of the Workshop on „Impact of Climate Change on Agriculture”. Mosonmagyaróvár, 2015.09.24. pp. 115-120. (ISBN:978-963-359-057-7)

Nyéki, A. – Kalmár, J. – Milics, G. – Kovács, A. J. - Neményi M. 2016. Climate Sensitivity Analysis on Maize Yield on the Basis of Precision Crop Production. 13th International Conference on Precision Agriculture. St. Louis, USA. 2016.07.31-08.03. pp. 1-6.

III. TUDOMÁNYOS KONFERENCIA KIADVÁNYOKBAN MEGJELENT ÖSSZEFOGLALÓK

Nyéki, A. – Kalmár, J. – Milics, G. – Kovács, A. J. - Neményi M. 2015. Climate sensitivity analysis of maize yield on the basis of data of precision crop production In: 10th European Conference on Precision Agriculture. Tel-Aviv, Izrael. 2015.július 12-16. pp. 88-91.