

# EGYETEMI DOKTORI (Ph.D.) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

## DEBRECENI EGYETEM

Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma  
Mezőgazdasági-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar  
Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet

### Kerpely Kálmán Doktori Iskola

Doktori Iskola vezető:  
Prof. Dr. Nagy János  
MTA doktora

Témavezető:  
Prof. Dr. Nagy János  
MTA doktora

## **A bioetanol gyártás alapanyagául szolgáló kukorica szemtermésére ható legfontosabb termesztési tényezők**

Készítette:  
**Kiss Csongor**  
doktorjelölt



Debrecen, 2013

## BEVEZETÉS

*„Mire egy probléma mindenki számára nyilvánvaló lesz,  
gyakran már nem lehet megoldani”*

*(Meadows)*

Köztudott, hogy a világ népessége 2000-ben már elérte a 6,2 milliárd főt. Változatlan népesedési ütem esetében egyes becslések 2015-re 1 milliárddal több, azaz 7,2 milliárd főt jeleznek előre, míg ez a szám 2050-re elérheti akár a 8,7 milliárd főt is, pedig a véges bolygónkon, a növekedésnek is véges a határa. Ez az igen intenzív növekedés további hatással lesz a kitermelt fosszilis energiahordozók mennyiségére is, amelyekről már így is többen megállapították, hogy kimerülőfélben vannak. Napjainkban az energia 80%-át a szén, olaj és gázkészletek elégetése adja. Az EU 2007-ben elkészített előrejelzés a kőszén esetében 155 év, kőolajra nézve 42, a földgázra nézve pedig 64 évre elegendő készletet állapít meg a maihoz hasonlatos felhasználási tendenciák mellett. A számítás tehát nem veszi figyelembe, hogy az igen gyorsan növekvő népességnél a hagyományos energiahordozók kitermelése és felhasználásának üteme csak még gyorsabban fog növekedni. Beláthatatlan károkat okozva ezzel a környezetben. Jelen ismereteink szerint lehetetlen megmondani, hogy milyen mértékig és meddig képes elviselni a természeti környezet a növekedés következtében fellépő fokozódó terheléseket. A kitermelhető készleteket növelheti egy ideig a kitermelés hatásfokának javítása és az újonnan feltárt lelőhelyek kiaknázása, de az biztos, hogy az energia-előállítás területén döntő változásoknak kell bekövetkezniük, ami azt jelenti, hogy a környezetünkre káros és kimerülőben lévő fosszilis energiakészleteket valamilyen más, nem környezetkárosító forrásból pótolnunk kell.

A bioetanol használat mára már segít enyhíteni a közlekedési szektorból származó káros üvegházhatású gázok („Green House Gases”; GHG) környezetbe kerülését. E megállapítást megerősítették a 2012 júniusában Braziliában megrendezett RIO+20 a fentartható fejlődésért kongresszuson elhangzottak, akcióra ösztönözve e téren a tagállamokat. Az „Environmental Protection Agency” (EPA) által elismert 2009-es Egyesült Államokbeli nebraskai egyetem kutatásának eredménye szerint, a kukorica alapú bioetanol használat a benzinhez képest 21 – 52 %-al a GHG képződését csökkenti. Egy másik, szintén az energia-ellátás, energia-biztonság témához szorosan illeszkedő probléma az energiafüggőség csapdája. Az EU tagországainak zöme, köztük Magyarország is hasonló helyzetben vannak az energiaellátottságukat tekintve. Mivel jelentős saját energia készletekkel nem rendelkezünk, ezért az energiahordozók importjára szorulunk. Egy felmérés szerint 2007-ben az importált

mennyiség a felhasznált mennyiséghez viszonyítva olajból 80%, földgáz esetében 57%, kőszén esetén pedig 40% volt. A felmérés sajnálatos módon azt reprezentálja, hogy az EU energiafüggősége már így is rendkívüli mértéket öltött. Kiszolgáltatva magát az egyre gyakrabban jelentkező és egyre kedvezőtlenebb áringadozásoknak. A jelentés előrejelzése alapján ezek a kvóták 2030-ra ijesztő energiafüggőségről fognak tanúskodni, ugyanis olaj esetében 93%-os, gáz esetében 84%-os, kőszén vonatkozásában pedig 89%-nyi behozatal jósolható. 2009-ben Magyarország és a környező országok is tapasztalhatták, hogy milyen helyzetet okoz az az esemény, ha a megszokott beszállító, egy rendezetlen elszámolási ügy miatt (Orosz – Ukrán „gázvita”) korlátozza az energia-ellátást. Jelen esetben a gázszállítás ideiglenes leállításával, számos európai ország gázellátását veszélyeztetve, az akkor igen kemény (- 20° C) közép-európai télben. Az olajár és az ebből kalkulált más fosszilis energiahordozók árának alakulása napjainkban és a közeljövőben tehát jelentősen befolyásolják a világ és hazánk gazdasági feltételeinek, ezen belül mezőgazdaságának is a változását, fejlődését. Mivel egyre kevesebb és egyre nehezebben, illetőleg költségesebben kitermelhető készletek mutatkoznak a fosszilis energiahordozókból, ezért az emelkedő és tartósan magas szinten maradó olajárak hatással lesznek a mezőgazdasági növénytermesztés költségeire és gazdaságosságára is. Az energiahordozók árai manapság olyan mértékben emelkednek, hogy az alternatív energiahordozókat, kiváltképp a biomasszát, egyre szélesebb körben számításba kellene venni. Ennek a várható forgatókönyvnek az ismeretében nem csoda, hogy sokan a megújuló-energiaforrások, ezen belül is a biomasszából, köztük innovatív alapanyagként különböző algatörzsekből nyert energia felhasználásában látnak kiutat ebből a kedvezőtlen helyzetből. Napjaink új algalapú energiatermelési rendszerei, nevezzük fotobioreaktoroknak, amelyeknek nagyléptékű ipari elterjedése a közeljövőben megvalósulhat.

E tekintetben hazánk is keresi a megoldást. Az MTA 2008-ban elindított stratégiai programja 7 kiemelt fontosságú területre összpontosítja a figyelmet. Közöttük szerepel a hosszú távú energiastratégia, a környezet- és élelmiszer biztonság kérdése. Az elmúlt években nemzetstratégiai céllá vált a sokféle energiaforrás felhasználhatóságának biztosítása. Ennek jegyében került bemutatásra az MTA Köztisztületi Stratégiai Programok kiadvány sorozatának legújabb kötete „Áttekintés Magyarország energiastratégiájáról” címmel, amelyben a szerzők hangsúlyozzák a hagyományos energiaforrások egyre gyorsuló kimerülése miatt az újabb, sokféle energiaforrás biztosításának fontosságát. A politikai, köztük az energia ellátás területén jelentkező kihívások terén meghozandó döntéshozatalt segítő tudomány állt a Parlament and Civil Society in Technology Assessment uniós project vitanap 2012. június

18.-án a dán Parlamentben megrendezett fórumának középpontjában. A sokféle energiatermelés céljából felhasználható források tekintetében számos országban, elsősorban az USA-ban jelentős a kukorica felhasználása. Hazánkban 2012 júniusában bővítette kapacitását a 2008-ban Szabadegyházán létesített első kukorica felhasználás alapú bioetanol előállító üzem, amely a jövőben a hazai energiatermelés lehetőségeinek javítása terén komoly figyelmet fog kapni.

## **Célkitűzések**

A doktori dolgozat keretében a bioetanol-gyártáshoz leginkább kedvező kukorica fajták kiválasztását tűztem ki célul. A beltartalmi értékeik - különös tekintettel a keményítő tartalom - összehasonlítása alapján, közeli infravörös spektroszkópiai módszer, az úgynevezett „NIT” technika alkalmazásával. A kutatás másik célja három lényeges termesztési tényező: öntözés, műtrágyázás és talajművelési eljárás hatásainak vizsgálata a különböző kukorica-hibridek keményítő, olaj, fehérje összetevőinek alakulására három (2007-2009) egymást követő évben. A három év során több mint 150 több, eltérő termőhelyről begyűjtött különböző kukorica-hibrid összehasonlítását tűztem ki célul.

### **Célkitűzéseim részét képezte:**

1. A kukorica beltartalmi értékeinek vizsgálata, különös tekintettel a bioetanol előállítás szempontjából alapvető keményítőtartalomra a 2007 és a 2008-as években.
2. A 2007-es és 2008-as évek során vizsgált kukorica hibridek azonos termőterületről begyűjtött mintáinak összehasonlító elemzése;
3. A 2007 és 2008-ban három termelési tényező (öntözés, műtrágyázás, talajművelés) hatásának elemzése a Látóképi Kísérleti Telepen termelt három kukorica hibrid beltartalmi értékeire;
4. 2007-ben és 2008-ban a Látóképi Kísérleti Telepen termelt kukorica hibridek esetében a termelési tényezők beltartalmi értékekre gyakorolt hatásának összehasonlító elemzése;
5. A 2009-ben évben a termelési tényezők hatásának, a Látóképi Kísérleti Telepen termelt három kukorica hibrid beltartalmi értékeire gyakorolt hatásának elemzése.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérleti munkám során, a három év alatt összesen 21 termőterületről származó 512 kukorica hibrid beltartalmi tulajdonságait elemeztem Foss Infratech<sup>TM</sup> 1241 Grain Analyzer mérőműszerrel. Különös tekintettel a bioetanol előállítás szempontjából kulcsfontosságú keményítő tartalomra. A Látóképi Kísérleti telepről származó vizsgálati minták esetén, valamennyi kukorica hibrid kapcsán komplex, multifaktoriális talajművelési tartamkísérletben három egymást követő év (2007-2009) termését vizsgáltam és elemeztem, az egyes évekre jellemző időjárási, öntözési, tápanyag visszapótlási és talajművelési kezelések hatását a beltartalmi jellemzőkre. Vizsgáltam, hogy az adott év időjárási eltérései, illetve a különféle termesztéstechnológiai változatok hatásai (talajművelés, tápanyag-visszapótlás, öntözés) hogyan és milyen mértékben befolyásolták az adott kukorica- hibridekben képződő beltartalmi összetevőket (olaj, fehérje, nedvesség, keményítő). Figyelmet fordítottam továbbá a kukorica hibridek termés mennyiségére is. Így meghatározhatóvá vált a különféle hibridek tényleges hektáronkénti keményítőhozama, amely adat az ipari mértékű bioetanol-előállítás szempontjából az egyik legfontosabb tényező. A Látóképi Kísérleti Telep adottságait részletesen elemeztem.

### **Kukorica-hibridek beltartalmának meghatározása Foss Infratech<sup>TM</sup> 1241 Grain Analyzer mérőműszerrel**

A beltartalmi vizsgálatok elvégzéséhez szükséges kukoricaminták a kukorica teljes érési fázisában a betakarítás előtt kerültek begyűjtésre a szántóföldi kísérlet során. A mintagyűjtés kézzel történő morzsolásos módszerrel történt, szabvány mintavételi zacskókba. A három év alatt a látóképi kísérleti telepről, a 9 kukorica hibridet tartalmazó kísérlet sorozatban hibridenként, az összes ismétlésből kukoricacső mintákat gyűjtöttem. A parcellákon meghatároztam a betakarított termés mennyiségét is. A kukorica hibridek betakarításakor a parcellánkénti terméshozamot mérőkocsival határoztam meg. A szemtermés nedvességtartalmának mérését követően 13 %-os nedvességtartalomra számítottam át a betakarított termés nedvességtartalmát és meghatároztam a hozamok nagyságát. A begyűjtött csőmintákat a laboratóriumi mérés előtt a minta előkészítése előzte meg, mivel az Infratech Grain Analyzer-rel csak ezt követően lehetséges a mérési feladat elvégzése. A kukorica-hibridek beltartalmi vizsgálatait a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok

Centruma, Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet épületében lévő Foss Infratec™ 1241Grain Analyzer (FOSS Tecator AB, Hoeganaes, Sweden) típusú terményanalizáló berendezéssel végeztem.

Az Infratech 1241 spektrofotométer mintakezelő egysége a Grain Analyzer, amelyet „conveyor (6-33 mm) flour module” mintakezelő egységgel szereltek fel. Az infravörös berendezés működési módja transzmissziós. A mérési hullámhossztartománya 850 és 1048 nm között volt, 2 nm-es lépésközzel. A vizsgálat során használt készülék spektrum adatpontjainak száma 100 volt. Valamennyi vizsgálati minta kapcsán 5 db almintával végeztem a méréseket a még pontosabb mérési eredmények érdekében. A berendezés automatikusan választotta szét a mintatartóba adagolt kukoricaszemeket 5 almintává. A műszert az ISW 3.10 (FOSS Tecator AB, Hoeganaes, Sweden, 2003) szoftver vezérelte. A műszer a szoftver programja segítségével, az 5 almintát átlagértékeként numerikusan adta meg a vizsgálati minták össztömegét, nedvességtartalmát tömegszázalékban, valamint a szárazanyag tartalomra vonatkoztatott keményítő-, fehérje-, és olajtartalom értékeit, ugyancsak tömegszázalékban. A minták műszer által kapott mérési eredményeit mind a három évben Excel file-ban tároltam. Az adatok további feldolgozását és kiértékelést a Microsoft Office Excel 2007-es programmal végeztem.

### **A Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telep jellemzése**

A Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telepet 1983-ban alapították. Az eredeti területe 70 hektár volt, amit később 192 hektárra növeltek. A telep Debrecen határán kívül a 33-as főút 95-ös km kője mellett fekszik. Területén a hajdúsági löszhát sajátosságaihoz adaptált termőhely specifikus szántóföldi tartam kísérletek zajlanak. Koordinátái: N: 47°33', E: 21°27'. Tengerszint feletti magassága (Adria): 113–118 méter között változik (saját mérésű GPS adatok). A 2002-ben végzett talajvizsgálati eredmények szerint a talaj átlagos pH értéke 6,6 (gyengén savanyú kémhatású), amely a növények tápanyagfelvétele szempontjából ideálisnak tekinthető. A fizikai talajféleség közép kötött vályog. A talaj felső 20 cm-es rétegében az Arany-féle kötöttségi szám 42, az össz-só tartalom 0,05 m/m %. A szénsavas mésztartalom a talaj felső 80 cm-ben 0 m/m % (mészhiányos jellegű), de 100 cm-től 160 cm-ig meredeken emelkedik és eléri a 11 m/m %-ot (közepesen meszes). Az 1984-es talajvizsgálati eredményekhez képest a szénsavas mésztartalom kimosódása folyamatos és egyre mélyebb rétegekben jelenik meg. Az elmúlt 26 év alatt a talaj humusztartalma az intenzív művelés miatt csökkent. Jelenleg a talaj felső 20 cm-es rétegben 2,4 m/m %, a 120

cm-es mélységében már nem haladja meg az 1,00 m/m %-ot. A talaj nitrogén és kálium ellátottsága jó, foszfor ellátottsága közepesnek mondható. A talajvízszint átlagos időjárású évek során 5-8 m között található. Ez a talajvízszint enyhén szárazabb évek alatt sem csökken jelentősen, tekintettel a közelben található, 1981-ben mesterségesen kialakított Látóképi Víztározó talajvízszint alakító hatásának.

### **Multifaktoriális kisparcellás tartamkísérlet kezelése**

A Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centrumának a Látóképi Kísérleti Telepén beállított komplex, multifaktoriális talajművelési tartamkísérletben egy aszályos (2007), egy jó (2008) és egy átlagos (2009) csapadék-ellátottságú tenyészidőszak hatását elemeztem 9 kukorica-hibrid beltartalmi értékére. A multifaktoriális kisparcellás tartamkísérletek a talajművelési változatra, az öntözési változatra és a műtrágyakezelésre terjedtek ki.

A talajművelési változatok a következők voltak: A = őszi szántás (27 cm-es mélységben), B = tavaszi szántás (23 cm mélységben), C = tavaszi tárcsás sekélyművelés (12 cm mélységben).

Az öntözési változat az öntözött (Ö<sub>1</sub>) és nem öntözött (Ö<sub>2</sub>) kategóriákra terjedt ki. A műtrágyakezeléseket három típusra bontottam. 1. típus: N 0 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0 kg/ha K<sub>2</sub>O 0 kg/ha, vagyis műtrágyázatlan/kontrol, 2. típus: N 120 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 kg/ha K<sub>2</sub>O 106 kg/ha műtrágyakezelésben részesült, míg a 3. típus: N 240 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 180 kg/ha, K<sub>2</sub>O 212 kg/ha műtrágya kihelyezését jelenti. (A felsorolt műtrágyamennyiségek hatóanyag mennyiségeket jelentenek).

Az őszi NPK műtrágyázás az adott éveket megelőzően a már ismerttetett dózisokkal október 15-20 között történt. Az eredményes kukoricatermesztéshez szükséges talajművelési eljárások mindhárom évben (2007-2009) a következők voltak: tarlóhántás, szántás, szántáselmunkálás, magágy készítés, növényápolás.

A vetést követően mindhárom évben megtörténtek a szükséges növényvédelmi eljárások, amelyek közül a talajfertőtlenítés és a gyomirtás bír kiemelkedő jelentőséggel. Talajfertőtlenítéshez a Force 1,5 G-t használták, amelyet 14 kg/ha dózisban jutattak ki a kisparcellás kísérlet területén a vetést megelőzően. A gyomirtáshoz használt vegyszer a Guardian Tetra volt. A három év alatt kijutatott éves dózis hektáronként 4,5 liter volt, amelyet néhány nappal a vetés után jutattak ki. A vetés időpontja 2007-, 2008- és 2009-ben egyaránt

április közepén történt. A betakarítás októberi időpontját a tárgyévre jellemző időjárási és talajviszonyok nagymértékben befolyásolták. 2007-ben a betakarítás időpontja október 12.-ére esett. A 2008-as év kukoricamintáit október 13.-án takarították be a területről. A betakarítás az utolsó évben, 2009. október 1-2 között zajlott le.

Az NPK műtrágya dóziskísérleteket minden esetben műtrágyázás nélküli kontroll mellett alkalmaztam. Az öntözés egy lineár önjáró öntözőberendezéssel végeztük. A Wobler szórófejjel szerelt, hidráns víztáplálású és nyomkövetős öntözőberendezés használatával a vízelosztás egyenletes volt. A tartamkísérlet kétszeresen osztott parcellás (split-split-plot) elrendezésű, a főparcellákon a talajművelési és az öntözési változatok szerepeltek ismétlés nélkül. Egy talajművelési blokk 8064 m<sup>2</sup>-es területet foglal el, amely egy öntözött és egy öntözetlen blokkra van felosztva. A kisparcellás multifaktoriális kísérletek során vizsgált kukorica hibrideket az 1. táblázatban tüntettem fel.

**1. táblázat: Kukorica hibridek a kísérlet éveiben**

Év	Hibrid		
2007	MV Tarján	MV Koppány	DKC 4005
2008	DKC 4005	ED5110	Kamaria
2009	P9400	DKC5276	Kamaria

Az egy-egy hibriddel beállított főparcella mérete: 2688 m<sup>2</sup>-es, a műtrágyakezelések parcellája 336 m<sup>2</sup>-es volt. Egy parcella nettó alapterülete 15 m<sup>2</sup>-nek felelt meg.

A **2007-ben** 6 különböző termőterületen (*Hajdúdorog, Szentmártonkáta, Jászkisér, Hajdúböszörmény, Biharkeresztes, Zsámbok*) természetelt eltérő földrajzi fekvésű termőföldről összesen 106 kukorica mintát vizsgáltam meg. A 2007-es kísérleti év alatt a 6 különböző termőhelyről sikerült 4 olyan kukorica hibridet begyűjteni, amelyek, rendre öt vagy annál több helyszínen kerültek szántóföldi termesztésbe. Ilyen módon lehetőségem nyílt az azonos kukorica hibrid azonos évben termelt mintáinak egyidejű elemzésére és összehasonlítására. A betakarításukat követően a minták beltartalmi értékeit (olaj (%), fehérje (%), keményítő (%), nedvesség (%), hektoliter (kg/100 l) lemértem, majd a kapott eredményeket feldolgozva az azonos fajtájú, de eltérő helyről származó hibrideket hasonlítottam össze egymással.

**A 2008-as kísérleti év során** ugyanazzal az infravörös spektroszkópia módszerrel 12 különböző termőterületről (*Bakonszeg, Nádudvar, Földes, Hajdúböszörmény, Abony, Cegléd, Poroszló, Tiszaszőlős, Hort, Hosszúpályi, Biharkeresztes és Létavértes*) 145 számú eltérő hibridet, összesen 403 egyedi mintát gyűjtöttem be. A J1-es kóddal ellátott kukorica hibrid mintáit 10 különböző termőhelyről gyűjtöttem be. A termésekből származó 10 J1-es hibrid mintáit megmértem és összehasonlítottam. Az eltérő termőtalajokon és különböző időjárási és növénytermesztési körülmények hatására eltérő beltartalmi értékeket kaptam. Ugyanígy jártam el az L1-re kódolt azonos kukorica hibrid mintáit illetően. 2008-ban 8 eltérő földrajzi fekvésű termőterületről gyűjtöttem be és vizsgáltam meg és hasonlítottam össze ezt a fajtát.

**Két egymást követő évben, 2007-ben és 2008-ban** lehetőségem nyílt évről évre, ugyanabban a térségben termett, megegyező fajtájú kukorica-hibridekből mintát vennem. Így a teljesen azonos talajon, de két eltérő időjárású évben termett minták beltartalmi paramétereit össze tudtam vetni. A hosszú időjárású sorokhoz viszonyítva a 2007-es aszályosnak mondható és a 2008-as átlagos, de kukoricatermesztés szempontjából kedvező csapadékeloszlású kísérleti évek során Hajdúböszörmény (3 db hibridből származó minta/két év) és Biharkeresztes (7 db hibridből vett minta/két év) szántóföldjeiről származó azonos fajtájú hibridek relatív keményítőtartalmát mértem meg és hasonlítottam össze.

**Az átlagos, enyhén száraz időjárású 2009-es év folyamán** a Látóképi kísérleti Telep kisparcellás multifaktoriális tartamkísérletében szereplő 3 kukorica-hibridet vizsgáltam. Elsősorban az alkalmazott agrotechnika beltartalmi értékekre gyakorolt hatásának szempontjából.

#### **Az adatok kiértékelésnek statisztikai módszere**

A mért adatok kiértékelését az SPSS for Windows 17.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) statisztikai programmal végeztem. Kolmogorov-Smirnov próba használatával határoztam meg a folytonos adataim eloszlását. A Gaussi (normál) eloszlású adataim összehasonlítását Independent-Samples T próbával végeztem és a nem-Gaussi (nem-normál) elosztást közlő adataim összehasonlításához a Mann-Whitney U próbát használtam. A kategórikus változók összehasonlítását „Analysis of Variance” (One-Way ANOVA) próbával végeztem, „Least Significant Difference” (LSD) módszer segítségével. A kezelések (öntözés, műtrágyázás, kultiváció) keményítőtartalomra gyakorolt hatását (asszociáció) általános

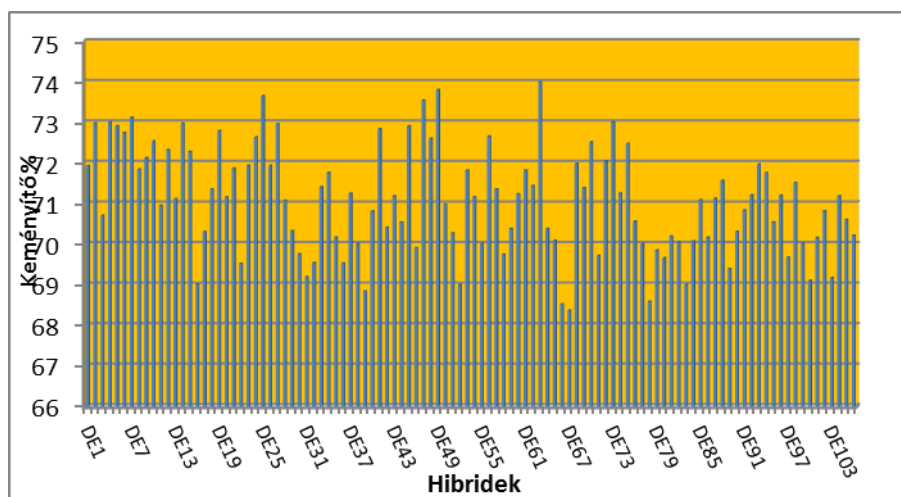
lineáris modellel „General Linear Model” (GLM) értékeltem. A GLM használatával igazolhatóak azon statisztikai feltevések, amelyek a változók csoportjai közötti szignifikáns különbségekre utalnak. A normális eloszlású célváltozók és a folytonos eloszlású független változók kombinációinak összefüggés analízisére a GLM használatát választottam.  $p < 0,05$ -öt tekintettem statisztikailag szignifikáns különbségnek.

# EREDMÉNYEK

## A kukorica beltartalmi értékeinek vizsgálata, különös tekintettel a bioetanol-előállítás szempontjából alapvető keményítőtartalomra a 2007-es évben

A termésekből vett összesen 106 mintát elemezve megállapítottam, hogy a hibridek keményítőtartalmának átlaga (a betakarítást néhány nappal követő változó, átlagosan 16,7 % nedvességtartalom mellett) NIT módszerrel meghatározva 59,2 % volt.

**1. ábra: A kukorica hibridek 106 termésmintájának szárazanyagra vonatkoztatott relatív keményítőtartalma, 2007-ben**

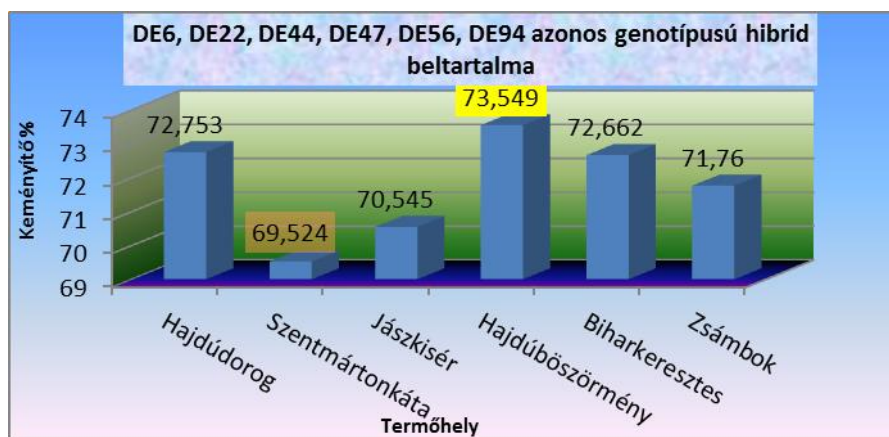


A szélsőértékek különbségeként 10,2 %-os eltérést mértem, ami bioetanol-előállítás során jelentős hozambeli különbségeket eredményezhet. A legnagyobb mért keményítő tartalmú hibrid a 13,7 %-os nedvességtartalomnál, amelyet a Foss Analyzer készülékkel mértem, 63,7 %, a legalacsonyabb mért érték pedig 53,5 % volt. Az összes begyűjtött 106 minta közül a legmagasabb, szárazanyag tartalomra vonatkoztatott relatív keményítőtartalmú (74 %) kukorica hibrid 2007-ben a DE63-as kóddal ellátott hibrid volt, amely egy biharkeresztesi szántóföldön termett. A legalacsonyabb relatív keményítőtartalmú hibrid a DE67-es volt, összesen 68,4 %-os relatív keményítőtartalommal. Ez a kukoricafajta Zsámbokon termett. A különbség 5,6 % volt a maximum és minimum között. Az 1. ábrán láthatók a kutatásban szereplő összes hibrid keményítő tartalmának vizsgálati eredményei.

## A 2007-ben vizsgált azonos genotípusú kukorica hibridek eltérő termőterületekről begyűjtött mintáinak összehasonlítása

A 2007-ben folyamán a 4 azonos genotípusú, de eltérő területről begyűjtött kukorica hibrid mintáinak relatív keményítőtartalmát lemértem és összehasonlítottam egymással. A DE6, DE22, DE44, DE47, DE56, DE94 kódnévvel ellátott, de azonos hibrid mintáit az összes vizsgálatba bevont szántóföldről sikerült begyűjtenem és megmérnem (2. ábra). A DE12, DE19, DE34, DE45, DE62, DE85 kóddal ellátott hibrid mintáit szintén az összes termőterületen termesztették 2007-ben. A DE13, DE24, DE35, DE48, DE61 jelű mintákat 5 különböző szántóföldről, a DE21, DE39, DE46 és DE52 jelű hibrid 4 eltérő helyről származó mintáinak összehasonlítást végeztem.

2. ábra: Elnérő helyen termett kukorica hibrid szemtermésének keményítőtartalma, 2007



A 2. ábrán látható, hogy a kukorica eltérő helyen, eltérő agrotechnikai kezelés mellett, eltérő meteorológiai viszonyok között más és más beltartalmi értékeket mutatott 2007-ben. A rendre teljesen azonos körülmények között folytatott mérés során megállapítottam, hogy a szárazanyagra vonatkoztatott relatív keményítőtartalomban és egyéb beltartalmi paraméterekben jelentős különbség volt. A DE6, DE22, DE44, DE47, DE56, DE94-es kukorica hibrid Hajdúbószörmény szántóföldjén termesztett DE47-es kódjelű kukorica mintája tartalmazta a legtöbb keményítőt (73,5 %). Ezzel szemben a Szentmártonkátán termelt DE22-es kódjelzésű azonos fajtájú kukorica csak 69,5 %-os értéket ért el. A különbség számottevően 4 %-os. A hat helyszínen termesztett fajta átlagos szárazanyagra

vonatkoztatott relatív keményítőtartalma 71,8 %-os. Hasonlóképpen változatos volt az olaj és a fehérje tartalom aránya is (nem demonstrált adatok).

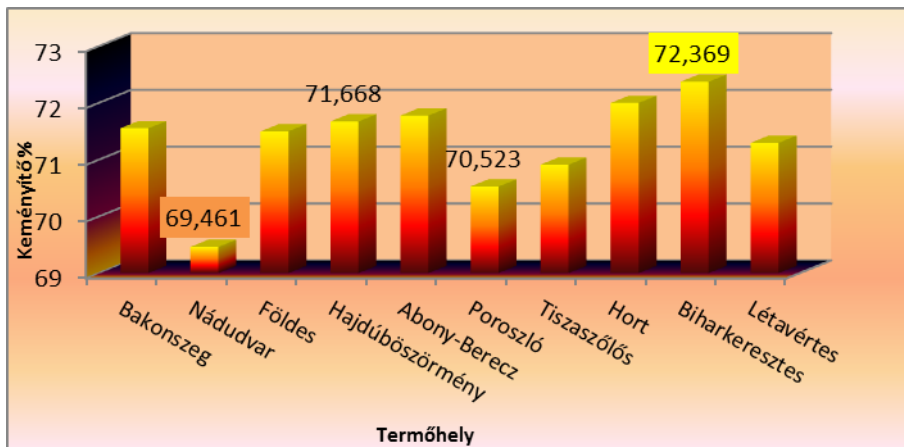
### **A kukorica szemtermés beltartalmi értékeinek vizsgálata. Különös tekintettel a bioetanol előállítás szempontjából alapvető keményítőtartalomra a 2008-as évben**

2008-ban a 403 minta átlagos keményítőtartalmát határoztam meg NIT módszerrel a betakarítást néhány nappal követő, változó, átlagosan 16,9 % nedvességtartalom mellett, amely érték 59,7 % volt. A legmagasabb (65,1 %) és legalacsonyabb (53,1 %) keményítő tartalmú hibridek között 12 %-os eltérést mértem. A szárazanyagra vonatkoztatott keményítőtartalom meghatározása után a legmagasabb relatív keményítőtartalmú kukorica hibridnek 2008-ban az AGTC264-es kódszámú hibrid bizonyult, amely Hosszúpályiban termett. A szárazanyagra vonatkoztatott keményítőtartalma 75,4 %-os volt. A legalacsonyabb relatív keményítőtartalmú hibrid 2008-ban a biharkeresztesi szántóföldről gyűjtött AGTC361-es minta volt, amely a vizsgálat szerint mindössze 68,8 %-ban tartalmazott keményítőt. A maximum és minimum közti mért különbség ebben az esetben 6,6 % volt.

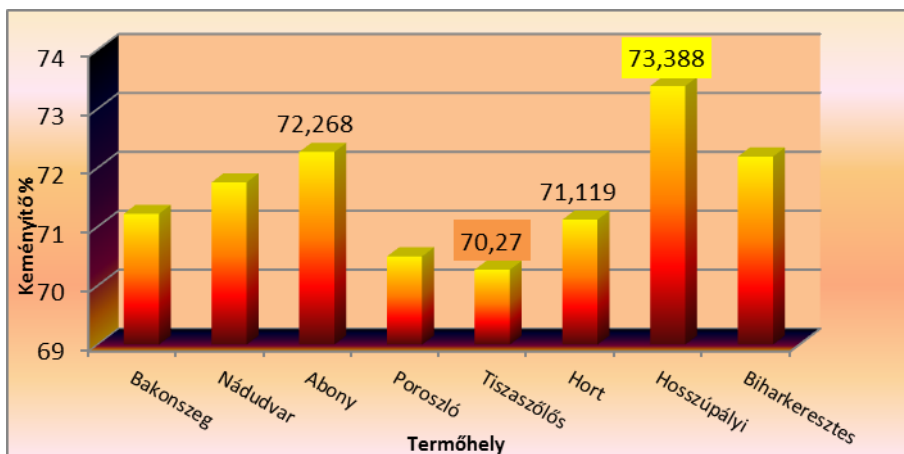
### **A 2008-ban vizsgált két kukorica hibrid eltérő termőterületekről begyűjtött mintáinak összehasonlítása**

2008-ban, a 10 eltérő földrajzi helyről gyűjtött minták szárazanyagra vonatkoztatott keményítőtartalma 69,5-72,4 % között változott (3. ábra). A 10 minta átlagos keményítőtartalma 71,3 %-os volt. A különbség a Nádudvaron termett J1 (AGTC86) minimum és a biharkeresztesi J1 (AGTC362) maximum között 2,9 %-osnak bizonyult.

3. ábra: A J1-es kukorica hibrid termésének keményítőtartalma eltérő termőhelyeken, 2008



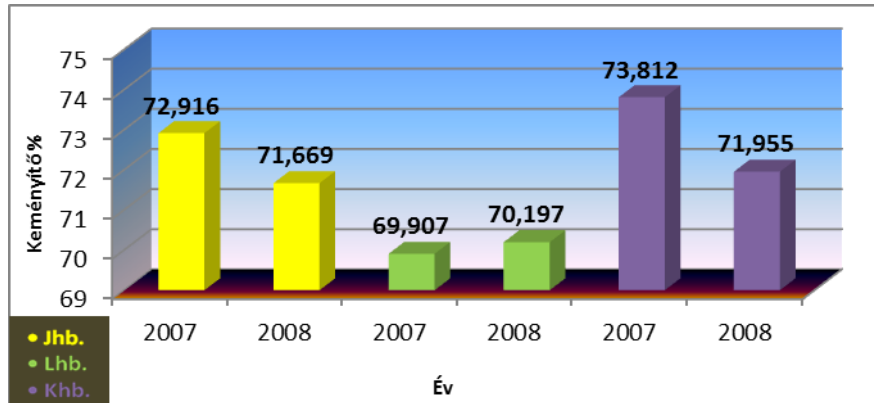
4. ábra: Az L1-es kukorica hibrid termésének keményítőtartalma eltérő termőhelyeken, 2008



Az L1 kukorica hibrid mintáit 2008-ban 8 eltérő földrajzi fekvésű termőterületről gyűjtöttem be és vizsgáltam meg (4. ábra). A minták szárazanyagra vonatkoztatott keményítőtartalma 70,3 % - 73,4 % között változott. Az átlagos keményítőtartalom 71,6 %-os volt. A Tiszaszőlősön termelt L1-es (AGTC212) és a Hosszúpályin termelt L1-es (AGTC304) minták keményítőtartalma közötti különbség 3,1 %-nak bizonyult.

## A 2007-ben és 2008-ban évek során vizsgált, azonos genotípusú kukorica hibridek azonos termőterületről begyűjtött mintáinak összehasonlító elemzése

5. ábra: Évjárat hatása három hibrid termésének keményítőtartalmára Hajdúböszörmény, 2007 és 2008



A Hajdúböszörmény határában lévő szántóföldről származó 3-3 azonos genetikai tulajdonságokkal rendelkező kukoricaszemek vizsgálatakor, a két év mintáiban a mért beltartalmi értékek egymástól különböztek (5. ábra). A Jhb. kóddal ellátott hibrid az aszályos 2007-es évben 72,9 % keményítőt tartalmazott, míg 2008-ban az érték 71,7 % volt. A különbség 1,2 % volt az aszályos év javára. Az Lhb. jelű hibridnek 2007-ben 69,9 %-os, 2008-ban 70,2 %-os volt a keményítőtartalma. A Khb. kódolású hibrid keményítőtartalma 2007-ben 73,8 % volt. 2008-ban ez a mért adat 72,0 %-nak bizonyult. Az eltérés 1,8 %-os.

## A termelési tényezők: öntözés, műtrágyázás, talajművelés hatása a Látóképi Kísérleti Telepen termelt három kukorica-hibrid beltartalmi értékeire gyakorolt hatásának elemzése 2007-ben

A Látóképi Kísérleti Telepen végzett kisparcellás tartamkísérletben szereplő kukorica hibridek a 2007-es évben a következők voltak: *DKC 4005 (DE\_a)*; *MV Tarján (DE\_b)*; *MV Koppány (DE\_c)*. A következő táblázatban (2. táblázat) az öntözés, műtrágyázás és talajművelés a mért keményítőtartalomra gyakorolt hatásai látszanak a különböző genotípusú hibridek esetében együttesen és típusonként elemezve.

**2. táblázat: A hibridek termésének keményítőtartalma 14%-os nedvesség tartalomnál, Látókép, 2007**

Megnevezés	Hibrid			
	DKC 4005(DE_a)	(DE_b) Koppány	(DE_c) Tarján	Átlag
	62,75	62,04	62,48	62,41

A 2007-es évben vizsgált három kukorica-hibrid közül a DKC 4005-ös hibridnek volt a legmagasabb a keményítőtartalma, 62,7 %-os értékkel. A legkisebb keményítőtartalmú hibridnek az MV Koppány bizonyult, a maga 62 %-os keményítőtartamával. A kettő közti különbség mindössze 0,7 % volt. A 3 eltérő fajtájú kukorica hibrid mért keményítőtartalma szignifikánsan nem különbözött egymástól, a néhány tizedes jegynyi különbség abioetanol-előállítás során elhanyagolható.

**3. táblázat: A vizsgált talajművelési eljárások hatása a szemtermés keményítőtartalmára. Látókép, 2007**

Megnevezés	Talajművelés típusa			
	Őszi szántás	Tárcsázás	Tavaszi szántás	Átlag
	62,93	61,81	62,51	62,41

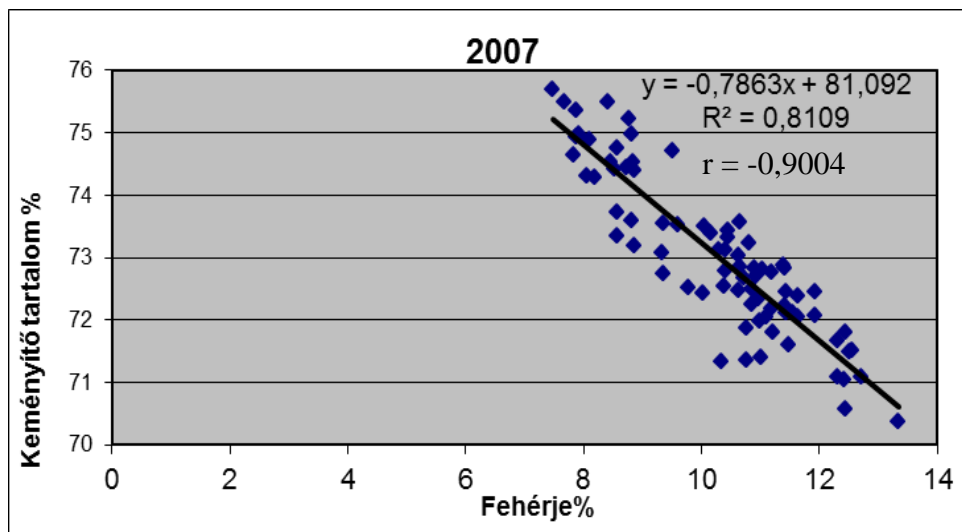
Az alkalmazott talajművelési módszer típusától függően a keményítőtartalomban változás mutatható ki. A legeredményesebb talajművelés, a magasabb keményítő tartalom elérése esetében 2007-ben az őszi szántás volt. Ekkor a három hibrid átlagos keményítőtartalma 62,9 %-os volt. A leggyengébb keményítő tartalmat, a három hibridben összesítve a tavaszi szántás esetében mértem, amely csupán 62,5 %-os volt. A két módszer által eredményezett keményítőtartalombeli különbség 0,4 %-osnak bizonyult (3. táblázat). A legeredményesebbnek, a magas keményítőtartalom elérése érdekében az őszi szántás bizonyult.

**4. táblázat: A műtrágyázás keményítőtartalmat befolyásoló hatása. Látókép, 2007**

Megnevezés	Műtrágyázás			
	120 kg N/ha	240 kg N/ha	nem műtrágyázott	Átlag
	62,18	61,68	63,28	62,41

A 2007-es eredmények azt tükrözik, hogy a műtrágyázatlan parcellákon a hibridek termésében magasabb keményítőtartalom alakult ki (63,3 %), mint az N 120 kg/ha (62,2 %) illetve N 240 kg/ha (61,7 %) hatóanyag mennyiségben kijutatott műtrágyák használata esetében. A nem műtrágyázott, kontroll kezelések során a hibridekben mért keményítőtartalom 1,1 %-al haladta meg a 120 kg N/ha trágyamennyiséggel kezelt hibridek keményítőtartalmát, és 1,6 %-al a 240 kg N/ha műtrágyadózisú mintákban mért keményítőtartalmat. A 120 kg N/ha és a 240 kg N/ha műtrágya kezelések mintáiban mért keményítőtartalom különbsége 0,5 %, a 120 kg N/ha műtrágya kezelésű hibridek javára (4. táblázat). A műtrágyakezelések keményítőtartalomra gyakorolt hatását kimutató mérések alapján 2007-ben megállapítható volt, hogy amíg a nagyobb dózisban kijutatott műtrágya hatására a termés hozam rendre nagyobb volt, a szemek keményítőtartalma viszont rendre csökkent. Ezeknél az eredményeknél nem vettem számításba a tényleges, hektáronként keletkezett keményítő hozamot, ami a termés mennyiségéből és annak keményítőtartalom szorzatából adódik.

**6. ábra: A keményítőtartalom és fehérjetartalom korrelációja, Látókép, 2007**



A 2007-es évben, a Látóképi Kísérleti Telepen különböző agrotechnikai körülmények között termesztett három kukorica hibrid relatív fehérjetartalma szignifikáns, negatív korrelációt mutatott a vizsgált hibridek relatív keményítőtartalmával (6. ábra). A negatív korreláció tényén nem változtatott sem a hibridek genetikai tulajdonsága, sem az alkalmazott különféle agrotechnikai műveletek hatása. Az  $R^2 = 0,8109$ , amely érték viszonylag jól illeszkedik a trendvonalhoz.

**5. táblázat: Az öntözés hatása a keményítőtartalomra, Látókép, 2007**

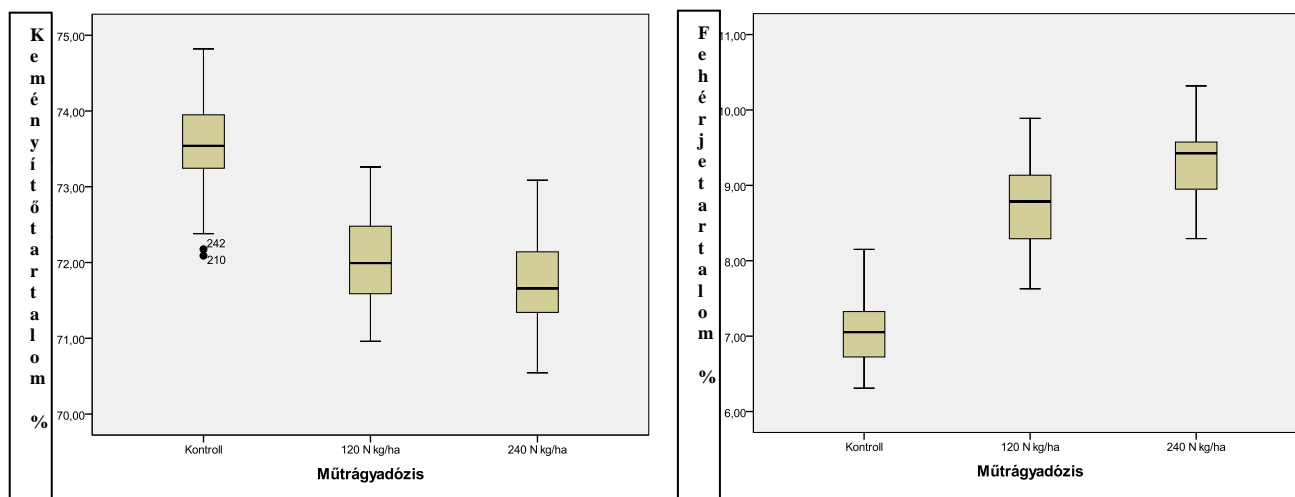
Megnevezés	Öntözés		
	Öntözetlen	Öntözött	Átlag
	62,36	62,46	62,41

A Látóképi Kísérleti Telepen termesztett három kukorica hibrid öntözött és öntözetlen beállítású termésmintáinak keményítőtartalmában 2007-ben mindössze egytized százalékpontnyi volt az eltérés (5. táblázat). Az öntözés tehát nem gyakorolt szignifikáns hatást a szemek keményítőtartalmára.

**A termelési tényezők: öntözés, műtrágyázás hatása három kukorica hibrid beltartalmi értékeire. Látókép, 2008**

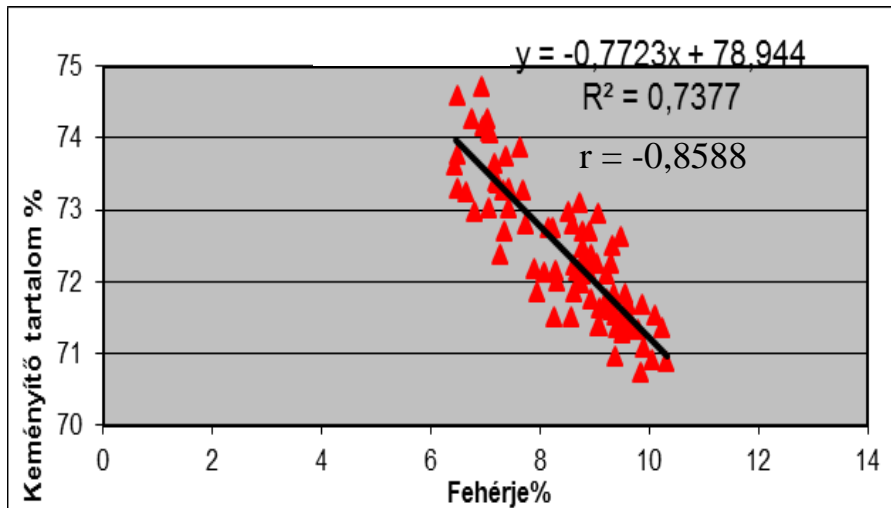
**A műtrágyázás hatása a hibridek szemtermésének beltartalmi értékeire. Látókép, 2008**

**7. ábra: A műtrágyadózis hatása a hibridek keményítő- és fehérjetartalmára. Látókép, 2008**



A 2008-ban gyűjtött három fajtájú kukorica hibrid (DKC4005, ED5110, Kamaria) relatív keményítőtartalma és fehérjetartalma is alátámasztja, a már 2007-ben megállapított tendenciát, miszerint a műtrágya adagolásával a hibridek fehérjetartalma növelhető. Ezzel szemben a keményítőtartalomra hátrányosan hat a műtrágyázás (7. kettősábra). A 2008-ban a vizsgált 3 eltérő kukorica hibrid szemtermésének szárazanyagra vonatkoztatott relatív keményítőtartalmát az öntözés nem befolyásolta szignifikánsan.

8. ábra: A keményítő és fehérjetartalom korrelációja. Látókép, 2008

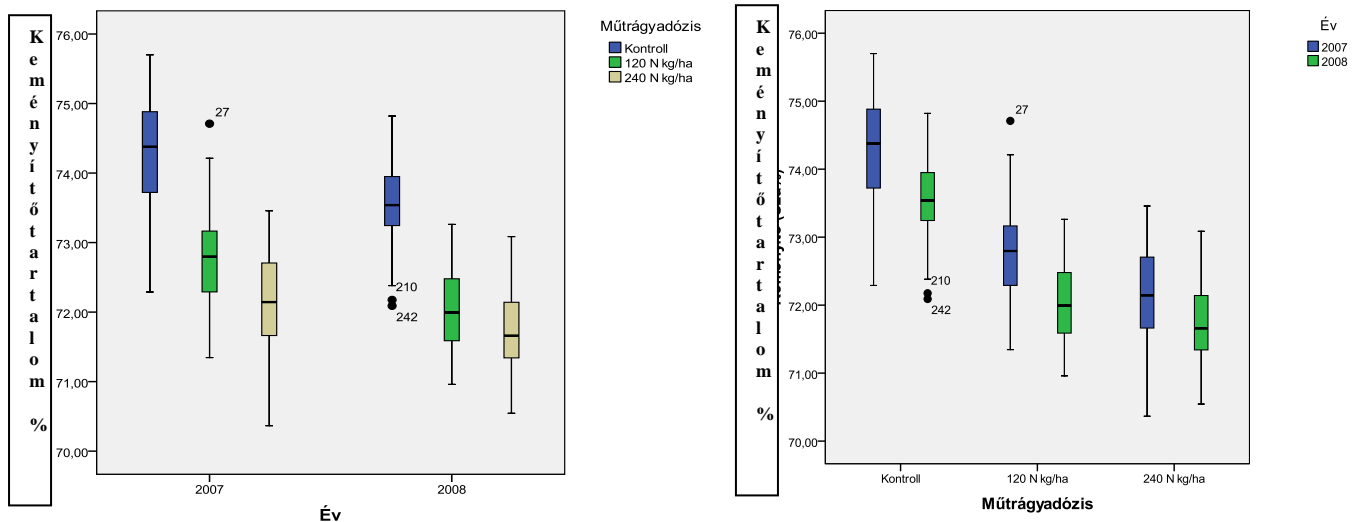


A relatív fehérje és keményítőtartalom szignifikáns negatív korrelációja 2008-ban, a 2007 évnél lényegesen nagyobb csapadékkal jellemzett esztendőben is megállapítható volt. Az összefüggés biológiai jelentőségét támasztja alá, hogy a 2007-es és 2008-as évben vizsgált hibridek közül csupán egyetlen fajta volt azonos, míg a két különböző évben, a két-két fajta eltérő genetikai tulajdonságokkal bírt. Az alkalmazott agrotechnológiai tényezők hatása a 2008-as évben sem befolyásolta a negatív korrelációt a vizsgált hibridek keményítő tartalma és fehérjetartalma között (8. ábra). A vizsgált hibridek szemtermésének túlnyomó többsége 71-73 %-os keményítőtartalom mellett 8-10 %-ban tartalmazott fehérjét. A magasabb, 74-75 %-os keményítőtartalmú minták rendre kevesebb fehérjét tartalmaztak. Ezekben a mintákban csupán 6-7 %-os fehérjetartalmat jelzett a mérő berendezés.

**A termelési tényezők: öntözés, műtrágyázás, talajművelés beltartalmi értékre gyakorolt hatásainak összehasonlító elemzése a Látóképi Kísérleti Telepen termelt kukorica hibridek esetében 2007-ben és 2008-ban**

**A műtrágyázás hatása a hibridek beltartalmi értékeire 2007- és 2008-ban**

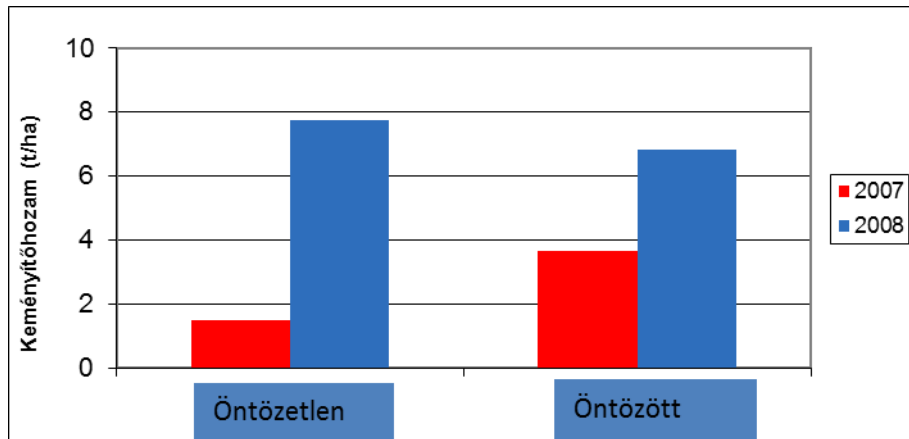
**9. ábra: A két év műtrágyakezeléseinek hatása a hibridek keményítő tartalmára. Látóképi, 2007-2008**



Az 9. kettősábra a 2007-es és 2008-as kísérleti évek Látóképi Kísérleti Telepéről gyűjtött 5 különböző genotípusú kukorica hibrid szemtermésének keményítőtartalmát ábrázolja a kísérleti év és a műtrágyázás függvényében. A két év 3-3 hibridje között egy teljesen azonos genetikai tulajdonságú hibrid volt a kutatásban. A 2007-es aszályos és 2008-as átlagos időjárású évek között szignifikáns különbségek voltak az azonos műtrágyadózissal kezelt hibridek keményítőtartalmai között. Az aszályos, 2007-es évben, azonos műtrágyadózis mellett rendre magasabb keményítőtartalom alakult ki, mint a 2008-ban. A terméseredmények és az ebből származtatott hektáronkénti keményítőhozamok 2007-ben kevesebbek voltak, mint 2008-ban.

A vizsgált hibridek relatív keményítőtartalma a 2007-es évben magasabb volt, mint a jó csapadékellátottságú 2008-as év során mért hibridek keményítőtartalma, mind az öntözött, mind pedig az öntözetlen kezelések esetében. A tendencia mindkét évben azonosságot mutatott, vagyis az öntözött hibridekben csekély keményítő-többlet keletkezett, amely viszont egyik évben sem volt szignifikáns.

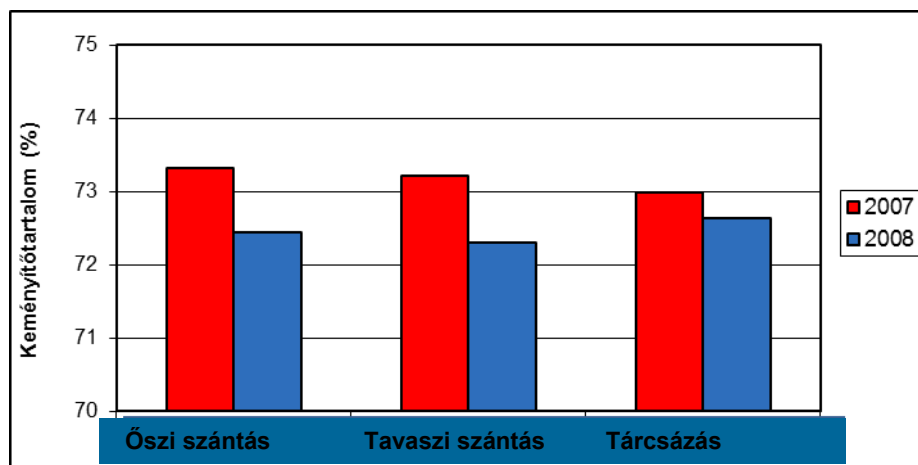
10. ábra: Az öntözés hatása a hibridek keményítőhozáma. Látókép, 2007-2008



A hibridek keményítőhozáma (t/ha) esetében (10. ábra) az aszályos 2007-es évben az öntözés hatására szignifikáns terméstopplelet (2,2 t/ha) alakult ki. A jó csapadékellátottságú 2008-ban ezzel szemben közel 1,0 t/ha keményítőhozámbeli csökkenést kaptam.

#### A talajművelés hatása a látóképi kísérletekben, 2007-ben és 2008-ban

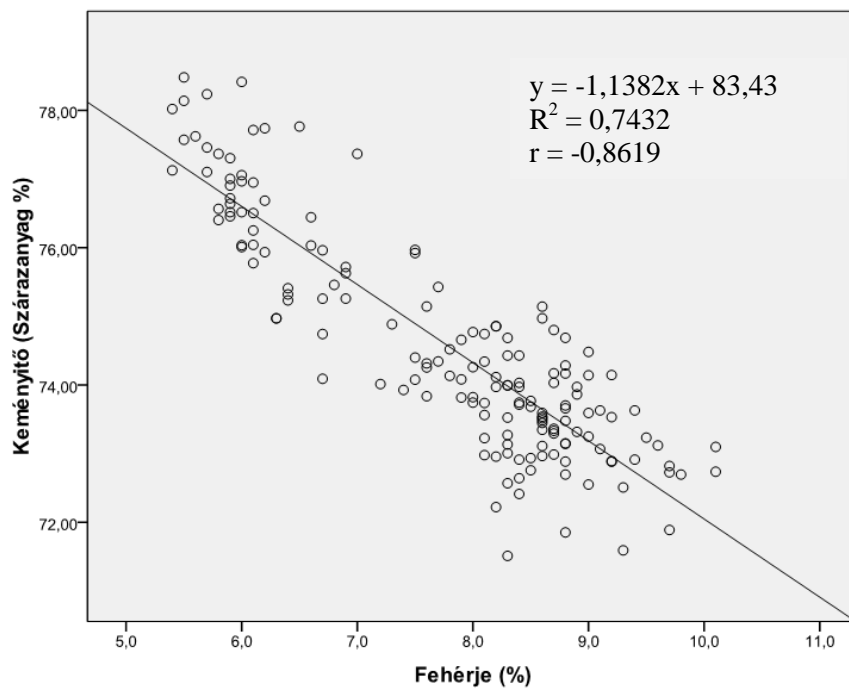
11. ábra: A talajművelés hatása a hibridek szemtermésének keményítőtartalmára. Látókép, 2007-2008



A talajművelési változatok, a hibridek szemtermésének keményítőtartalmában okoztak szignifikáns eltéréseket (11. ábra).

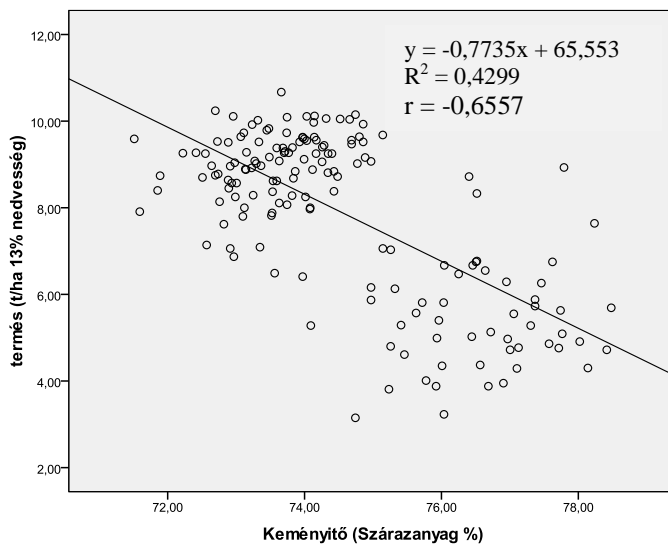
## A termelési tényezők: öntözés, műtrágyázás, talajművelés hatása a Látóképi Kísérleti Telepen termelt három kukorica hibrid beltartalmi értékeire 2009-ben

12. ábra: A Spearman féle korrelációanalízis a keményítőtartalom és a fehérjetartalom összefüggésére. Látókép, 2009



A 2009-ben a Látóképi Kísérleti Telepről begyűjtött 3 kukorica hibrid szemtermésének keményítőtartalma és fehérjetartalma között fennálló kapcsolatot az 12. ábra mutatja. A negatív korreláció megállapítása mellett az is elmondható, hogy a magas  $R^2$  (0,743) értelmében a regressziós egyenes jól illeszkedett az adatpontokra ebben a kísérleti évben (12. ábra). A vizsgált minták túlnyomó része 8-9 %-nyi fehérje tartalom mellett, 72-73,5 %-ban tartalmazott keményítőt.

13. ábra: A hibridek keményítőtartalmának és termésének ábrája. Látókép, 2009



A szemtermés és keményítőtartalom alakulásának összefüggése szerint (13. ábra) negatív korreláció állapítható meg, vagyis a magas terméshozamokhoz (9-10 t/ha) alacsony relatív keményítőtartalom (72-74 %) párosult. A regressziós vonal illeszkedése gyenge ( $R^2 = 0,43$ ). A magas keményítő tartalmú (76-78 %) minták terméseredményei jelentősen elmaradtak az átlagtól (9,2 t/ha).

## AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

2007-2009 években nemzetközi összehasonlításban elsők között elemeztem, a NIT technikával működő *Foss Infratech Grain Analyzer* műszer segítségével 10 eltérő termőterületről származó 176 kukorica hibridet, amely összesen 512 mintát jelentett. A várakozásnak megfelelően a near-infrared módszer segítségével viszonylag rövid idő alatt, igen jelentős darabszámú kukoricaminta beltartalmi értékeinek pontos meghatározására nyílt lehetőség. A módszer többféle mezőgazdasági és agrotechnikai szempont komplex és gyors elemzését segíti elő. A NIT technikával működő mérőműszer képes a kukorica változatos felhasználása/feldolgozása szempontjából kiemelten fontos, valamennyi beltartalmi paraméterének egyidejű meghatározására. Ilyen módon egyetlen mérési eseményen belül, néhány perc alatt az eszköz adatot szolgáltat a minta szárazanyag-, fehérje-, keményítő-, olaj-tartalmára. Továbbá az adott minta hektoliter paraméterének meghatározását is elvégzi. A NIR spektroszkópiával történő elemzés megbízhatóságát a kukoricaszemek összetétele tekintetében kínai szerzők, a kémiai módszerekkel történő analízishez hasonló pontosságúnak találták. Rajtuk kívül viszonylag kevés szerző alkalmazta a NIR spektroszkópiás módszert a

kukoricaszemek keményítő tartalmának elemzésére. Dolgozatom eredményei is rámutatnak, hogy a *Foss Infratech Grain Analyzer* műszerrel évről-évre jelentős mintaszám elemezhető nagy pontossággal. Ez lehetőséget nyújt a hazai kukoricatermesztési ágazat szempontjából oly lényeges, innovatív tevékenység értékelésére, mint az új biológiai tulajdonságokkal rendelkező, a hazai kutatók által újonnan előállított hibridek elemzésére, valamint a régebbiekkal és külföldi versenytársaikkal összehasonlításra. Dolgozatomban ennek megfelelően elsőként volt módom 10 új hazai kukorica hibrid összetételét meghatároznom. További jelentős előnynek tarthatjuk, hogy a módszer segítségével az eltérő termőterületek és éghajlati körülmények hatása akár több százas vagy ezres mintaszám pontos meghatározásával is elemezhető. Végül, de nem utolsó sorban a módszer arra is alkalmas, hogy azonos termőterületen termelt azonos genetikai tulajdonságú hibrid esetén a különféle agrotechnikai eljárások hatékonyságát és gazdaságosságát elemezzük. A módszer mérések gyors elvégzése mellett lehetőséget nyújt arra is, hogy próba termési eredmények begyűjtésével, akár napi pontossággal meghatározhassuk az aratás kívánatos időpontját.

Az analitikai technikában egyre kiterjedtebben alkalmazott NIR/NIT módszer alapján működő mérések az agráripárban, ezen belül a kukorica termés jellemzésében csupán a közelmúltban kezdtek nemzetközi szinten elterjedni. Hazai viszonyok között a NIR/NIT technikát, számos hibrid beltartalmi értékeinek meghatározására, elsőként munkacsoportunk alkalmazta a DE AGTC laboratóriumában, amely tevékenység egyes, általam kivitelezett eredményeit mutatom be a doktori értekezés keretei között. Hasonló, de más szempontból történő elemzéseket a módszer alkalmazásával munkacsoportunk jelenleg is végez. Ennek első eredményei egy szakdolgozatban láttak napvilágot.

Ismert az a tény, hogy egy adott kukoricafajta beltartalmi értékeit az alapvető genetikai adottságok mellett jelentősen befolyásolják a külső tényezők, amelyeket két fő csoportra oszthatunk: a termési ciklus alatt fennálló ökológiai tényezőkre illetőleg az alkalmazott termelési tényezőkre. A feltételezés igazolását vizsgálataimmal kétféle módon közelítettem meg. Három egymást követő évben elemeztem 22 termőterületről származó 512 kukorica hibrid összetételét. Másrészt vizsgáltam három, a Látóképi Kísérleti Telepen 2007-ben és 2008-ban a különböző agrotechnikai módszerrel termesztett kukorica hibrid szemtermések beltartalmi értékeinek változását. Közleményeimben és a doktori értekezésben más fontos mérési adatok nyerése mellett a figyelmet elsősorban a bioetanol előállítás szempontjából legjelentősebb összetevőre, a keményítő tartalomra fordítottam.

## **ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK :**

1. Hazánkban elsők között alkalmaztam és szereztem tapasztalatokat a NIR/NIT technológia terén a kukorica szemtermésének analitikai vizsgálatában. A módszer alkalmazásával 176 kukorica hibrid, köztük 10 új hazai hibrid szemtermésének beltartalmi értékeit határoztam meg.

Megállapítottam, hogy:

2. A NIR/NIT technika alkalmazása, kiváló lehetőséget nyújt a talajművelés, öntözés, műtrágyázás, tőszám hibridek szemtermésének beltartalmi értékeire gyakorolt hatásainak vizsgálatára. A NIR/NIT spektroszkópia alkalmazásával a korábbi módszereknél pontosabban és gyorsabban határozható meg a kukorica keményítőtartalma.
3. Az eljárás alapján mind a száraz és mind a nedves őrléses bioetanol üzemekben történő etanol-gyártás számára kiválaszthatók a legmegfelelőbb kukorica hibridek.
4. Kisparcellás kísérletsorozatban megállapítottam, hogy a műtrágyázás a terméshozam növelésén keresztül emeli a kukorica szemterméséből kinyerhető keményítő mennyiségét, amely a bioetanol gyártás alapanyaga.
5. Elsőként hasonlítottam össze különböző műtrágyadózisok, öntözés és talajművelés mellett a Látóképi Kíséreti Telepről egymást követő 3 év során, 2007-, 2008- és 2009-ben, begyűjtött azonos genetikai tulajdonságú DKC kukorica hibrid szemtermésének beltartalmi értékeit.

### **Gyakorlatban hasznosítható eredmények:**

1. Kisparcellás multifaktoriális kísérletek keretein belül megállapítottam, hogy mely agrotechnológiai kezelések alkalmazásával (talajművelés, műtrágyázás, öntözés, tőszám beállítás) termesztethető a bioetanol-előállítás szempontjából leghatékonyabban a termesztéshez kiválasztott kukorica hibrid.
2. A három év során vizsgált, összesen 176 hazai termesztésből kikerülő kukorica hibrid közül kiválasztottam a bioetanol-előállítás szempontjából legkedvezőbb 10 hibridet. A kiválasztás szempontjainál figyelembe vettem a relatív keményítőtartalmat és a hektáronkénti keményítő hozamot egyaránt.  
10 legkedvezőbb hibrid kóddal: DE63, DE25, DE49, DE63, DE73, AGTC264, AGTC133, AGTC168, AGTC206, AGTC237

## ÖSSZEFOGLALÁS

Napjainkban világossá vált, hogy földünkön a megnövekedett és egyre gyorsabb ütemben szaporodó népesség egyre gyorsuló ütemű energia felhasználása a jelenlegi energiakészletek rövidtávon belüli kimerüléséhez fog vezetni. Ezt felismerve számos ország indította el az alternatív energiatermelési utak vizsgálatát, majd a kísérleti eredmények alapján történő termelését. Hazánk energia ellátási területén az elmúlt években több probléma is felmerült. Nincsenek jelentős energiahordozó készleteink, valamint a gazdasági helyzet Európában, így hazánkban is érezhető bizonytalanságai alapján egyre nehezebb az emelkedő energia árakkal lépést tartani. Ez megnyilvánul a drámaian emelkedő üzemanyag árakban is. Nagy jelentőségű lenne tehát ezen a téren az alternatív energiatermelési lehetőségek felhasználása, amennyiben ezek költség hatékonyabban lennének képesek a felhasználásra kerülő üzemanyag legalább egy hányadának szolgáltatására. E cél elérésének elengedhetetlen feltétele a közismerten jó mezőgazdasági környezet adta előnyök kihasználásával, a jó terméshozamú kukorica alapú bioetanol gyártás gazdaságos termelési feltételeinek kidolgozása, lehetőségeinek megteremtése, majd a termelés minél több helyen történő megindítása. Ehhez az adott talajtani adottságok gondos elemzése mellett szükséges az optimális tulajdonságokkal rendelkező kukorica hibridek kiválasztása és a természetesen tervezett terület adottságainak és befolyásolhatóságának elemzése. Figyelembe véve az öntözés, a műtrágyázás és a talajművelés hatásait. Ilyen módon lehetővé válik az adott területen, a bioetanol termelés szempontjából a legjobb kukorica hibridek kiválasztása.

Munkámban három éven át folytatott kísérletek eredményei alapján bemutattam, hogy a NIT/NIR módszer szerinti mérések lehetővé teszik a fenti elvárásoknak minden tekintetben megfelelő adatok szolgáltatást. A NIT technikával működő *Foss Infratech Grain Analyzer* alkalmazásával, amelyet hazai környezetben elsők között használtam, pontosan és gyorsan határozhatók meg az eltérő kukorica fajták szemtermésének beltartalmi tulajdonságai.

2007 és 2009 között 176 kukorica hibridet, közülük 10 új hazai fajtát, összesen 512 mintát vizsgáltam. Az elemzett szemtermés minták beltartalmi értékei, köztük keményítő tartalma széles határok között változtak. A genetikai és a külső tényezők hatásait a szemtermés beltartalmi összetételére két megközelítésben elemeztem. Meghatároztam a 22 különböző termőtelrűletről származó hibridek szemtermésének beltartalmi összetevőit, különös tekintettel a három vizsgálati év csapadékosságára, illetőleg az eltérő termőhelyekről származó azonos hibridek szemtermésnek alakulására. Kisparcellás kísérletek keretében

vizsgáltam három-három, a Látóképi Kísérleti Telepen termesztett kukorica-hibrid szemtermésének beltartalmi értékeit a kísérletben beállított öntözési, tápanyag-visszapótlási viszonyok és talajkezelési eljárások ismeretében.

Megállapítottam, hogy 2008-ban mind a vizsgált termőterületek, mind a Látóképi Kísérleti Telep vonatkozásában a vizsgált hibridek termés hozama jelentősen meghaladta a 2007-ben azonos körülmények között mért termés hozamokat. A szemtermések keményítőtartalmát mind a műtrágyázás mind az öntözés csökkentette. Ugyanakkor, a fenti két tényezőnek a termés hozamra gyakorolt kedvező hatása következtében nőtt az öntözött illetve a műtrágyázott parcellákból begyűjtött termések keményítőhozama. A tőszám beállítás nem gyakorolt jelentős hatást a keményítőtartalom alakulásra. Az alkalmazott talajművelési eljárások a kukorica szemtermésének keményítőtartalmát nem befolyásolták lényegesen, azonban a termés hozam és a fajlagos keményítőhozam az őszi szántás alkalmazásával szignifikánsan nagyobb volt, mint a tavaszi szántás és tavaszi sekélyművelés eseteiben. A külső tényezők közül legmarkánsabbnak a nitrogén visszapótlás hatása mutatkozott, 120 N kg/ha műtrágya dózis mindhárom vizsgálati évben, statisztikailag szignifikánsan, jelentősen növelte a termés hozamot és keményítőhozamot, a nem műtrágya kezelt kontrolhoz képest. Ugyanakkor kétszeres dózisu (240 N kg/ha) műtrágyakezelés már nem eredményezett további nagy mértékű termés hozam és keményítőhozam növekedést. Évről évre szignifikáns negatív korrelációt találtam a szemtermés keményítőtartalma és fehérjetartalma között.

A Ph.D. értekezésemben közölt, vizsgálatok során tíz új hazai hibrid szemtermésének beltartalmi értékeit jellemeztem. Közülük összehasonlítottam a Látóképi Kísérleti Telepről egymást követő három év során 2007-, 2008- és 2009-ben begyűjtött azonos genetikai tulajdonságú DKC kukorica hibrid szemtermésének beltartalmi értékeit különböző műtrágyadózisok, öntözés és talajművelés mellett. A nyert eredmények hozzájárulhatnak a hazai kukorica alapú energiatermelés feltételeinek optimalizálásához, a legalkalmasabb hibridek objektív kiválasztásához, valamint az eltérő időjárású években és termőterületeken alkalmazható, leginkább költség-hatékony termelési tényezők megválasztásához.

## PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN

### Tudományos közlemény idegen nyelvű, hazai lektorált folyóiratban:

1. **Kiss, Cs.**, Andorkó I. (2008): Small-plot field experiments with maize hybrids, aiming to study starch content. *Cereal Research Communications*. 36: 0133-3720. (IF: 1,19)
2. Rátonyi T., Harsányi E., **Kiss Cs.**, Megyes A. (2009): Effects of precipitation on the starch yield of maize grown for bioethanol production. *Cereal Research Communications*. 37: 89-92. (IF: 1,037)

### Idegen nyelvű nem lektorált konferencia kiadvány:

3. Rátonyi T., Harsányi E., Megyes A., **Kiss Cs.** (2009): Evaluation of quality parameters of maize grown for bio-ethanol production in Hungary in relation to crop production factors. International Soil Tillage Research Organisation 18th Triennial Conference. pp. T7 – 006 – 1 –T7 - 006 – 5

### Magyar nyelvű lektorált konferencia kiadvány:

4. **Kiss Cs.**, Harsányi E., Rátonyi T. (2007): A kukorica, mint alternatív alapanyag hordozó Magyarországon. Kiss T., Somogyvári M. (szerk.). *Via Futuri 2007. A biomassza-alapú energiatermelés*. BOKOM Kft. Pécs. ISBN: 978-963-06-5993-2. 150-156.
5. **Kiss Cs.** (2012a): Kukorica hibridek keményítő tartalmának vizsgálata közeli infravörös spektroszkópiai (NIT) technikával. *Acta Agraria Debreceniensis*. (*in press*).
6. **Kiss Cs.** (2012b): Száraz őrléses bioetanol-előállítás legfontosabb lépéseinek részletes elemzése. *Acta Agraria Debreceniensis*. (*in press*).

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetemet fejezem ki Dr. Nagy János egyetemi tanárnak, az Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma elnökének, témavezetőmnek, a Kerpely Kálmán Doktori Iskola vezetőjének kutatómunkám mindvégig történő lelkiismeretes irányításáért.

Köszönöm témavezetőm támogatását abban is, hogy 2009-ben 1 hónapos tanulmányúton vehettem részt a németországi Karlsruhei Egyetem Biotechnológia Tanszékén, majd ezt követően Bloomington ösztöndíjasként 5 hónapot tanulhattam, valamint a kukorica alapú bioetanolgyártás feltételeit, lehetőségeit tanulmányozhattam Indiana állam (USA) számos felsőoktatási intézményében és kísérleti, termelő üzemében.

Köszönöm Dr. Harsányi Endre tanszékvezető úrnak szakmai tanácsait, Dr. Rátonyi Tamás egyetemi docens úr önzetlen segítőkészségét a kísérleti munkában nyújtott elméleti és technikai segítségét.

Köszönetet mondok Dr. Bhattoa Harjit Pál adjunktus úrnak az eredményeim statisztikai elemzése terén nyújtott segítségéért.

Köszönetemet nyilvánítom Széles Sándornénak hasznos tanácsaiért, továbbá mindazoknak, akik munkájukkal jelen értekezés alapját képező közlemények elkészítéséhez hozzájárultak.

Végül, de nem utolsó sorban köszönetemet fejezem ki családomnak, hogy támogattak a doktori disszertáció elkészítésében és az azt megelőző kutatás időszakában.