

EGYETEMI DOKTORI (Ph.D.) ÉRTEKEZÉS

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

A BIOETANOL GYÁRTÁS ALAPANYAGÁUL SZOLGÁLÓ KUKORICA SZEMTERMÉSÉRE HATÓ LEGFONTOSABB TERMESZTÉSI TÉNYEZŐK

Értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében
a növénytermesztési és kertészeti tudományok tudományágban

Írta: Kiss Csongor Gábor okleveles ökológus (környezettudomány)

Készült a Debreceni Egyetem **Kerpely Kálmán Doktori Iskolája**
(Növénytermesztés és kertészeti tudományok doktori programja) keretében

Témavezető: Dr. Nagy János

A doktori szigorlati bizottság:

Név

elnök: Dr. Rátonyi Tamás egyetemi
docens, PhD

tagok: Dr. Lakatos Gyula egyetemi
docens, C.Sc.

Dr. Soltész Miklós egyetemi
tanár, D.Sc.

A doktori szigorlat időpontja: 2011. december 15.

Az értekezés bírálói:

Név

Tud. fokozat

Aláírás

Dr. Széll Endre

C.Sc.

Dr. Sulyok Dénes

PhD

A bírálóbizottság:

Név

Tud. fokozat

Aláírás

elnök:

tagok:

titkár:

Az értekezés védésének időpontja: 2013

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS.....	6
1.1. Célkitűzések.....	8
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	10
2.1. Bioüzemanyagok használata Magyarországon és az EU-ban	10
2.2. A kukorica (<i>Zea mays</i> L.), mint a bioetanol gyártás egyik legjelentősebb alapanyagának jellemzése.....	15
2.2.1. A kukorica éghajlatigénye.....	21
2.2.2. A kukorica talaj- és tápanyagigénye.....	23
2.2.3. A kukorica termésátlaga.....	25
2.2.4. A kukorica vetésterületének alakulása hazánkban.....	26
2.3. Az Észak Alföldi Régió, mint kísérleti helyszín agroökológiai jellemzése, különös tekintettel a kukoricatermesztésre.....	27
2.3.1. Hajdúhát jellemzése.....	28
2.3.2. Dél-Hajdúság jellemzése.....	29
2.4. A kukorica alapanyagból történő bioetanol-előállítás lépései tangazdasági és ipari körülmények között.....	29
2.4.1. A száraz őrléses technológia jellemzése.....	32
2.4.2. A nedves őrléses technológia jellemzése.....	35
2.4.3. Az elfolyósítás és elcukrosítás módja enzimek felhasználásával.....	36
2.4.4. A fermentáció folyamata.....	37
2.4.5. A desztilláció módja.....	39
2.4.6. A szeparálás módja.....	40
2.4.7. A dehidratáció módja.....	41
2.4.8. A denaturálás módja.....	41
2.5. A kukorica hibridek elemzésének korszerű módszere az infravörös-közeli spektroszkópia (near-infrared reflection/transmittance; NIR/NIT) felhasználásával	41
2.5.1. A közeli infravörös spektroszkópia alapjai.....	42
2.5.2. A közeli infravörös készülékekről általában.....	43

2.5.3.	A közeli infravörös technika előnyeinek és hátrányainak leírása.....	44
2.6.	A kukorica alapú bioetanol gyártás a gyakorlatban – Az Amerikai Egyesült Államokban szerzett tapasztalatok és az abból levonható következtetések rövid leírása.....	45
3.	ANYAG ÉS MÓDSZER.....	47
3.1.	Kukorica-hibridek beltartalmának meghatározása Foss Infratech TM 1241 Grain Analyzer mérőműszerrel.....	47
3.2.	A Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telep jellemzése.....	49
3.3.	Multifaktoriális kisparcellás tartamkísérlet kezelései.....	52
3.4.	A 2007-, 2008-, 2009-es évek szántóföldi kísérleteinek agrotechnológiai leírása.....	52
3.5.	A kísérleti évek időjárása.....	56
3.6.	A kukorica hibridek kódolása.....	62
3.7.	A minták beltartalmi értékeinek kiértékelése.....	62
3.8.	Az adatok kiértékelésének statisztikai módszere.....	64
4.	EREDMÉNYEK.....	65
4.1.	A kukorica beltartalmi értékeinek vizsgálata, különös tekintettel a bioetanol-előállítás szempontjából alapvető keményítőtartalomra a 2007-es évben.....	65
4.1.1.	A 2007-ben vizsgált azonos genotípusú kukorica hibridek eltérő termőterületekről begyűjtött mintáinak összehasonlítása.....	69
4.2.	A kukorica szemtermés beltartalmi értékeinek vizsgálata. Különös tekintettel a bioetanol-előállítás szempontjából alapvető keményítőtartalomra a 2008-as évben.....	73
4.2.1.	A 2008-ban vizsgált két kukorica hibrid eltérő termőterületekről begyűjtött mintáinak összehasonlítása.....	80
4.3.	A 2007-ben és 2008-ban vizsgált, azonos genotípusú kukorica hibridek azonos termőterületről begyűjtött mintáinak összehasonlító elemzése.....	81

4.4.	A termelési tényezők: öntözés, műtrágyázás, talajművelés hatása a Látóképi Kísérleti Telepen termelt három kukorica hibrid beltartalmi értékeire gyakorolt hatásának elemzése 2007-ben.....	83
4.5.	A termelési tényezők: öntözés, műtrágyázás hatása három kukorica hibrid beltartalmi értékeire. Látókép, 2008.....	91
4.5.1.	A műtrágyázás hatása a hibredek szemtermésének beltartalmi értékeire. Látókép, 2008-ban.....	91
4.5.2.	Az öntözés hatása a hibredek szemtermésének beltartalmi értékeire 2008-ban.....	92
4.5.3.	A termés és keményítőtartalom összefüggése három hibridnél. Látókép, 2008.....	94
4.6.	A termelési tényezők beltartalmi értékekre gyakorolt hatásainak összehasonlító elemzése a Látóképi Kísérleti Telepen termelt kukorica hibrdek esetében (öntözés, műtrágyázás, talajművelés) 2007-ben és 2008-ban.....	96
4.6.1.	A műtrágyázás hatása a hibrdek beltartalmi értékeire 2007- és 2008-ban.....	96
4.6.2.	A tőszám hatása a 2007-es és 2008-as évek hibridjeinek beltartalmi értékeire.....	101
4.6.3.	Az öntözés hatása 2007-ben és 2008-ban a Látóképi hibrdek beltartalmára.....	103
4.6.4.	A talajművelés hatása 2007-ben és 2008-ban a Látóképi kísérletekben.....	105
4.7.	A termelési tényezők: öntözés, műtrágyázás, talajművelés hatása a Látóképi Kísérleti Telepen termelt három kukorica hibrid beltartalmi értékeire 2009-ben.....	109
5.	MEGBESZÉLÉS.....	115
6.	ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	123
7.	ÖSSZEFOGLALÁS.....	124
8.	SUMMARY.....	126
9.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	128
10.	IRODALOMJEGYZÉK.....	129
11.	PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN.....	138

12. RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE.....	139
13. NYILATKOZAT.....	141

1. 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 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 benzinhoz képest 21 – 52 %-al a GHG képződését csökkenti (*Renewable Fuels Association, www.ethanolrfa.org*). 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 algaörművekből nyert energia felhasználásában látnak kiutat ebből a kedvezőtlen helyzetből. Napjaink új algaalapú energiatermelési rendszerei, nevezzük fotobioreaktoroknak, amelyeknek nagyléptékű ipari elterjedése a közeljövőben megvalósulhat (Kiss, 2010).

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 céljá vált a sokféle energiaforrás felhasználhatóságának biztosítása. Ennek jegyében került bemutatásra az MTA Köztestületi 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.

1.1. 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.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A jelenleg érvényben lévő Kiotói Keretegyezmény a klímakutatók által előrejelzett, mára már elkerülhetetlennek tartott globális felmelegedés hatásainak enyhítése céljából a világ CO₂ kibocsátását hivatott csökkenteni. A kiotói egyezményt az Egyesült Nemzetek Alapokmányának konvenciójaként a partnerek 1997. december 11.-én hagyták jóvá. Az egyezmény 2005. február 16.-án lépett életbe. 2006 decemberéig az egyezményt összesen 169 állam írta alá, amely országok együttesen a világ össz CO₂ kibocsátásának 61,6%-ért voltak felelősek. A protokolt az aláíró államok kötelezettségvállalása alapozta meg, amely államok vállalták az üvegházhatású gázok „Green House Gases” (GHG), az 1990-es év szintjéhez képest, átlagosan 5,2%-kal való csökkentését 2008-2012 között. A jelenleg is hatályos Kiotói Egyezmény 2012-ig érvényes, de 2007-ben újabb tárgyalásokat kezdeményeztek egy következő megállapodás kialakításáról. Magyarország a jegyzőkönyv aláírásával 2012-re vállalta, hogy az 1985-87 közötti időszak átlagához képest 94%-ra csökkenti az üvegházhatású gázok (CO₂, CH₄, N₂O, SF₆) kibocsátását (*Reményi, 2010*). A mai álláspont szerint a Földön évente 25 milliárd tonna szén-dioxid kerül a légkörbe. Ez a világnépesség gyors növekedésének és a fejlődő országok gazdasági és ipari beruházásainak ismeretében nyugtalanító lehet.

2.1. Bioüzemanyagok használata Magyarországon és az EU-ban

Az Európai Uniónak (EU) a világ többi részével együtt alkalmazkodnia kell az új kihívásokhoz. Köztük a klímaváltozáshoz, a fosszilis energiakészletek kiapadásához és egyéb változó környezeti és gazdasági tényezőkhez. Köztük az egyre drasztikusabban emelkedő üzemanyagok árakhoz (1. ábra).

1. ábra: A nyersolaj (Brent) hordónkénti árának változása 2000 és 2008 közötti időszakban



Forrás: Világbank, EKB adatai alapján (<http://www.ecb.int/pub/pdf/annrep/ar2006hu.pdf>, <http://www.ecb.int/pub/pdf/annrep/ar2009hu.pdf>)

Az EU jelenlegi vizsgálatait a mezőgazdaság energiatermelő képességére irányítja, annak érdekében, hogy az üvegházhatású gázok kibocsátását csökkenteni lehessen, ugyanakkor új lehetőségeket találjon energiaszükségleteink kielégítésére. A biomassza energetikai célú felhasználásának további támogatását és a termelésük biztosítását tűzte ki egyik feladatául az EU a 2005-ös COM („A biomasszával kapcsolatos cselekvési terv”; 628/2005) bevezetésével, a Lisszaboni stratégia célkitűzéseinek hozzájárulása érdekében (Réczey, 2007). Az EU-ban az üvegházhatású gázok kibocsátásának egynegyedéért a közlekedés tehető felelőssé. A bioüzemanyagok elterjedése azonban attól is függ, hogy mennyire hatékonyan tudják felvenni a versenyt a jelenlegi energiaszolgáltató rendszerekkel. Annak az érdekében, hogy napjainkban, a hagyományos üzemanyagokhoz mérten egyenlőre még magasabb költségekkel járó eljárás során előállítható bioetanol és egyéb bioüzemanyagok elterjedésének, fogyasztásbeli növekedésének az esélyét fokozzák, az Európai Közösségek Bizottsága elfogadta a tagállamaira vonatkozó bioüzemanyag irányelvet, valamint az azt támogató energiaadózási irányelvet, amelyek jogszabályokkal biztosítva teremtenek előnyt a bioüzemanyagok alkalmazásának. A 2003/96/EK energiaadózási irányelv lehetőséget teremt az EU tagállamai számára, hogy a megújuló energiaszolgáltatókhoz származó üzemanyagok esetében ösztönözve a piaci szereplőket és forgalmazókat részleges vagy akár teljes adómentességet biztosítsanak. Ezek az adókedvezmények állami támogatásnak minősülnek. Magyarországon a bioüzemanyagok és egyéb megújuló

forrásból származó üzemanyagok közlekedési célú felhasználásának szabályaival a 42/2005.(III.10.) Kormányrendelet foglalkozik. A 63/2005 (VI.28) Országgyűlési határozat a bekeverési arány és a jövedéki adó módosulásának szabályait tartalmazza. 2008. július 1.-től 4,80 Ft. jövedéki adótöbbletet kell megfizetni, amennyiben a forgalmazott benzinben a bekevert bio-komponens aránya nem éri el a 4,4%-ot. Az Európai Unió megalkotta a 2003/30/EK *bioüzemanyag irányelv*et (30-as irányelv), amely a közlekedési ágazatban a bio-üzemanyagok, illetve más megújuló forrásból származó üzemanyagok használatának előmozdításáról szól. A 30-as irányelv egyértelműen fogalmazott a bioüzemanyagok bekeverésének elvárásaival kapcsolatban. Az úgynevezett bioüzemanyag irányelv kimondta, hogy a tagállamokban az energiatartalom alapján számítva az összes üzemanyag-felhasználással, 2005-re 2%-os, míg 2010-re 5,75%-os piaci részesedést kellett elérniük, amely arány 2020-ban már 10% lesz az Európai Bizottság által elkészített javaslatcsomagja alapján (1. táblázat).

**1. táblázat: Magyarország és az EU bioenergia felhasználását illető vállalásai
2008-ban**

Magyarország	2010	2020
Összes megújuló energia	7%	13%
Bio-hajtóanyag	5,75%	10%
Európai Unió	2010	2020
Összes megújuló energia	12%	20%
Bio-hajtóanyag	5,75%	10%

Forrás: 77/2001/EK, 2003/30 EK, Európai Bizottság javaslatcsomag

E cél elérése érdekében jelentős előrelépésnek tekinthető a szabadegyházi üzem működésének megindítása, fejlesztése, mivel konkrét eredményeket szolgáltat a kukoricából származó energia felhasználás terén. Ezek az irányelvek figyelembe veszik, hogy a biomasszából előállított energiára való átállásnak olyan előnyei vannak a fosszilis tüzelőanyagokból előállított energia felhasználásához képest, mint a mezőgazdasági termelés támogatásán keresztül megvalósuló vidékfejlesztés, az energiafüggőség csökkentése, munkahelyteremtő hatások, valamint a környezetkárosító hatásának csökkentése. Magyarországon a megújuló energia-szektoron belül a

bioüzemanyagok előállításának fejlesztése tehát elengedhetetlen az EU-s elvárások teljesítése érdekében. Hosszabb távon azonban nem tartható fenn a bioüzemanyagok és az energiaültetvények jelentős szubvenciója. Ezért kutatásra és fejlesztésre van szükség a megújuló energia előállítási költségeinek, csökkentése érdekében. Gondolva itt az alapanyag termelésének és feldolgozásának költségére.

Hazánkban nincsenek jelentős ásványkincs-készletek, meredek esésű folyók, ugyanakkor van kedvező talajviszonyunk és éghajlati adottságunk, növénytermesztési hagyományunk. Ezért a különféle biomassza típusokból előállított bio-üzemanyagok (biogáz, bioetanol, biodízel) jöhetnek számításba a fosszilis energia igényének csökkentésénél. Ennek egyik következménye az lehet, hogy megnövekszik a mezőgazdasági nyersanyagok iránt a kereslet. A bioetanol gyártás alapjául szolgáló kukorica megemelkedett kereslete mellett fontos, hogy minél több terméket lehessen előállítani. Az is lényeges szempont, hogy a nyersanyag milyen minőséget képvisel. A napjainkban létező számos jó minőségű, de paramétereiben mégis nagy különbségeket mutató kukorica-hibridek beltartalmi értékei hibridenként változnak, lényeges eltérések mutatkoznak az első ránézésre olyan egyformának tűnő sárga szemek között minőség tekintetében lényeges eltérések mutatkoznak. Vizsgálataim során nyert eredményeim hozzájárulhatnak a hazai kukorica alapú energiatermelés hatékonyságának fokozásához. Mivel a bioüzemanyagok gyártása és felhasználása jelen körülmények között többbe kerül, mint a fosszilis energiahordozók felhasználása, valamint az előállítás a támogatásokkal együtt sem mindig versenyképes, ezért egyáltalán nem mindegy, hogy az adott célra leginkább kedvező alapanyagból történik-e a termelés. Kiváltképp akkor, amikor köztudott, hogy a bioetanol előállítása során az összköltség közel 60%-át az alapanyag (kukorica) termesztésének költsége teszi ki. Napjainkban ugyanis a megújuló forrásból előállított energia ára 50-200%-kal magasabb a hagyományos forrásokból (kőolaj, földgáz, kőszén, atomerőmű) nyerhető energia áránál. Ezen kívül jelentős beruházásokat igényel, ezért is annyira fontos ebben a helyzetben a hatékony felhasználás és a takarékoság (Meskó, 2003). Ebből következik az a felvetés, hogy célszerű lenne, a számos kukorica-hibrid közül kiválasztani azokat, amelyek beltartalmi értékeikkel és megbízható terméshozamukkal a bioetanol gyártásra a legmegfelelőbbek lehetnek. A sikeres és gazdaságos bioetanol-előállításhoz elengedhetetlen tehát, hogy csakis a legkiválóbb genetikai tulajdonságokkal rendelkező kukorica-hibrideket termesszünk és használjunk fel. Fontos továbbá, hogy az e célra kiválasztott hibridek adott talaj- klimatikus- és termesztéstechnológiai viszonyok mellett, minél nagyobb

terméshozamot és keményítőhozamot produkáljanak. Biztosítva ez által a még gazdaságosabb bioetanol előállítás folyamatát.

A bioetanol-benzin keverék aránya szerint több típusú üzemanyagkeveréket is megkülönböztethetünk. Az *E100* típus 100% bioetanolból áll, amelynek közhasználatban való elterjedése eddig nem számottevő. A leggyakrabban használt keverék az úgynevezett *E85*, amely 15% benzinből és 85% vízmentes bioetanolból áll. Ez a keverék Észak-Amerikában és Európában is a legelterjedtebb benzin kiváltására alkalmas alternatív üzemanyag. A keverék arányaiból eredően jó hidegindítási tulajdonságokkal rendelkező, alacsony hőmérséklet mellett kevés károsanyagot kibocsátó üzemanyag született, amelyet már számos országban, így hazánkban is forgalmaznak. Az *E85* csak nagyobb kompresszióviszony mellett égethető el. A nagyobb teljesítmény leadása mellett a fogyasztás 10-20 %-kal is megnő az úgynevezett "Flexible Fuel Vehicles" (FFVs) motorokban, mivel az *E85* fűtőértéke csupán 65 %-a a benzinének. Az oktánszáma 105, szemben a sima benzin 95-ös oktánszámával. A turbóval és kopásfigyelő automatikával felszerelt, a bioetanol alkalmazás speciális szempontjait figyelembe véve kialakított motorok, bármely keverék felhasználására alkalmasak időtálló üzemteljesítmény mellett. A bioetanol jótékony hatásai közé sorolhatjuk a motorra gyakorolt pozitív hatásokat is. Például megnövelik az injektorok élettartamát, tisztítják az üzemanyagrendszert. A környezeti hatásokat figyelembe véve is pozitív mérleget kapunk, ugyanis a teljes energia-körforgásra vetített szén-dioxid emisszió 30 - 80% közé csökken. A vezetési élmény és teljesítmény terén sem kell kompromisszumot kötni. Léteznek a bioetanol-benzin keveréknek a "téliesített" változatai is, amelyeket Észak-Amerika és Észak Európa területén használnak. Ezzel a hidegindításkor fellépő problémákat tudják kiküszöbölni. Így az érintett országokban *E75*-öt és *E70*-et a hidegebb időjárás miatt a téli hónapokban használják. Az *E20* vagy *E25* keverék elterjedése pedig Dél-Amerikában, például Braziliában számottevő (http://en.wikipedia.org/wiki/Common_ethanol_fuel_mixtures).

Magyarországon 2007 eleje óta szabványos az *E85* keverék. A hazai előállítás az Európai Unió tagállamai között a hasonló népességű Ausztriában és Cseh Köztársaságban termelt mennyiség közé esik (2. táblázat). A hazai forgalmazása ezzel egyidejűleg három töltőállomáson (Bábolna, Budapest, Győr) indult meg (<http://www.etanol.info.hu/oldal/Lefedettség>). 2010-ben már 300 töltőállomáson lehet kapni az *E85*-ös keveréket. Átlagosan 245 Forint/liter (2010. 10. 07.) áron, ami a 95-ös

oktánszámú benzin árához (~340 Ft./l; 2010.10.07.) képest is lényegesen olcsóbb. 2011-ben már 400 fölé emelkedett az E85-öt forgalmazó töltőállomások száma. A jövedéki adó árának növekedése ellenére. Napjainkban az árak a következő módon alakultak:

- 95-ös benzin (Mol töltőállomás): 434,9 Forint/liter;
- E85-ös keverék (Agip töltőállomás): 349,9 Forint/liter.

Forrás: www.mol.hu , 2012. 03. 18.

2. táblázat: Bioetanol termelés az Európai Unió 27 országában, 2009-ben

Ország	Termelés (Millió liter/év)
Európai Unió 27 országa	3703
Ausztria	180
Cseh Köztársaság	113
Németország	750
Spanyolország	465
Franciaország	1250
Magyarország	150
Lengyelország	166
Svédország	175
Szlovákia	118

Forrás: www.biofules-platform.ch

2.2. A kukorica (*Zea mays L.*), mint a bioetanol gyártás egyik legjelentősebb alapanyagának jellemzése

Hazánkban és a környező országokban működő bioetanol előállító üzemek túlnyomó többségében szemes kukoricát használnak bioetanol előállításához. Mivel hazánkban a kukoricatermesztés minden vertikuma jelentős hagyományokkal rendelkezik, ésszerűnek tűnik, hogy a termelők a már rendelkezésükre álló tudást és eszközöket hasznosítsák a bioetanol-alapanyag előállítására. Számos országban köztük az USA-ban a gazdák külön kifejlesztett kombájn adapterekkel rendelkeznek. Azok a kombájn hátuljánál található külön konténerbe, vagy egy arra alkalmas tárolótérbe kerülnek (*Iowa State University, 2008*). A learatott kukorica ekkor szállítható a tárolást szolgáló kukorica silókba további felhasználás céljából (*Christmas, 1991*).

A kukorica tulajdonságai jelentősen befolyásolják az előállítható bioetanol mennyiségét és minőségét. A ma ismert kukorica ősét eddig még nem sikerült

egyértelműen azonosítani. Egyes feltételezések szerint (*Galinat, 1979*) az ősi közép-amerikai indián törzsek, valahol a mai Közép-Mexikó, Guatemala, Nicaragua területén háziasítottak először egy a *Teosinte* fajtához sorolt vadon növény trópusi fűféléjét, amelyet az évszázadok során a ma ismert kukoricává nemesítettek (*Anderson and Cutler, 1942*). Az eddig nem teljes mértékben azonosított őst miatt, a származás tekintetében a kutatók eltérő helyszíneket jelölnek meg. Egyesek szerint az Óvilágból, Kelet-Indiából érkezett (*Bonafous, 1836*), míg Humboldt ezt cáfolta, szerinte ugyanis a kukorica eredete Amerikába vezethető vissza, ahonnan Kolumbusz Kristóf és legénysége hozta magával Európába (*Surányi és Mándy, 1955*) az 1400-as évek végén. Európában a spanyolok termesztették először nagyobb területen. Magyarországra török közvetítéssel, Dalmácián keresztül az 1500-as évek végén jutott el (*Sólyom és Kudron, 1985*). A kukorica az egész világon a legnagyobb területen termesztett kultúrnövény, ami jól érzékelteti a növény jelentőségét. Fontossága az elmúlt időszakban ugrásszerűen megnövekedett. A kukorica az élelmezésben és az energiatermelésben egyaránt kiemelkedő szerepet tölt be. A kukorica hazánk egyik meghatározó, magas keményítőtartalmú gabonaféléje és ebből fakadóan a hazai bioetanol-előállítás egyik lehetséges alapanyaga. A kukorica meghatározó súlyt képvisel a hazai növényi biotermék tömegében. Számos felhasználási területe ismert. Kitűnő abrak takarmány, energiaforrás és ipari alapanyag. Az iparilag fejlett országokban a kukorica 80-90%-át takarmánykészítésre, 5%-át emberi fogyasztásra, a fennmaradó részt többféle ipari termék előállítására használják fel. Ipari felhasználása egyre szélesedik. Köztük szerepel többek között a műanyagipari hasznosítása. Kukoricából előállítható termékek száma pedig mintegy négyezerre tehető. A keményítő például a szeszgyártás, az étkezési (izo) cukorgyártás, alapanyaga, de manapság a kukoricából már környezetbarát csomagolóanyagot is gyártanak, amely a környezetbe kerülve lebomlik. A kukoricaszem hasznosítása az élelmiszeriparban – a táplálkozási szokások változásával – fellendült, amit a kukoricapehely iránti megnövekedett igény is alátámaszt. Ide sorolhatók a különböző ízesítésű puffasztott termékek, a kukoricacsíra és az olaj is. A kukoricából nyert olaj megtalálható számos élelmiszerben. Például a margarinban, de ebből a gabonaféléből nyert kukoricaszirup édesítheti a dzsemeket, illetve szolgálja a sűrítő anyagot a tejmentes tejszínhez. „Kukoricából előállítható komponensek, így például etilalkohol, keményítő, cukor található a csokiszeletben, sörben, whiskyben, hamburgerben, ipari vegyszerekben, műanyagban, penicillinben és a fényszennyezett magazinok enyveiben. Mellékterméke a szár, takarmányozásra, fűtésre

használható vagy a talajba dolgozva a tápanyag-visszapótlásban van szerepe” (Nagy, 2007a). Magyarországon a felhasznált szemes kukorica 90%-a abrak. Szilázsként a kérődző állatok fontos tömegtakarmánya. Közvetlen emberi táplálékul hazánk lakossága kevés kukoricát fogyaszt. Napjainkban kenyérsütésnél, sörgyártásnál egyre szélesebb körben használják. Csemegeként elsősorban a főtt csemegekukorica és a pattogatott kukorica fogyasztása számottevő. Az ipari célú felhasználás az éves kukoricatermelésünk 8-10%-át teszi ki. A jövőt a jó minőségű, egészséges, fertőzéstől mentes kukorica termesztése jelentheti, mert erre lehet magasabb minőségi színvonalú állattenyésztést, húsfeldolgozást és versenyképes piacot alapozni. A hatékony termeléshez feltétlenül ismerni kell a termelési célt, a végtermék hasznosítását, a termőhelyi és az üzemi adottságokat, hogy ahhoz a megfelelő fajtát és technológiát kiválasszuk. Az eredményes termeléshez a biztos, kiszámítható piaci háttér is elengedhetetlen. A hozamok mellett a megtermelt termékek minősége, beltartalmi értéke még fontosabb, mert az alapozza meg a magasabb feldolgozási fokban előállítható termékek kiváló minőségét, és ezzel együtt annak piacát, jövedelemerősségét (Nagy, 2007b). A kukorica keményítőtartalma egyes szakirodalmi adatok alapján 65% körüli, ezért elsősorban energiaforrásként vehető számításba. A nyersfehérje tartalma alacsony (7-10%), amely túlnyomórészt (45-50%) zeinből áll, ami az utóbbi évtizedekben a szabadlevirágzású fajtákhoz viszonyítva csökkent. A nyersfehérje-tartalom, mint egyéb beltartalmi értékek függenek a genetikai és ökológiai tényezőktől. Szemben a keményítőtartalommal, nitrogén műtrágyázással kismértékben növelhető. A kukoricát alkotó aminosavak összetétele kevésbé kedvező, mint az egyéb gabonaféléké: lizin ~ 2,8%, metionin ~ 2,0%, triptofán ~ 1,0%, glutaminsav ~ 15,7%. (Nagy, 2007b). A kukoricában található olaj, átlagosan 3 – 5 %-ot tesz ki (13 %-os nedvesség mellett), amely az étolajok csoportjába tartozik. A szemek olajtartalmának döntő része a csírában található. Az olaj mellett a kukorica további beltartalma a következőképpen alakul: cukor 1,4%, pentozánok 6,0%, nyersrost 2,0%, ásványi anyagok 1,2%. A termésmennyiség és minőség negatív korrelációban állnak egymással (Nagy, 2007a). Az ipari hasznosítású kukorica-felhasználás során napjainkban egyre hangsúlyosabbá válik a bioetanol előállítása. A bioetanol előállítás szempontjából a mag keményítőtartalma a legfontosabb tényező. Mivel a feldolgozás költségeinek döntő hányadát, mintegy 50-70%-át az alapanyag-előállítás költsége teszi ki, ezért lényeges, hogy a gyártás során a lehető legtöbb etanolt lehessen kinyerni. Vagyis a bioetanol-előállítás céljából termelt kukoricának a lehető legnagyobb legyen a keményítőtartalma.

2010-ben Magyarországon már több mint 360, az Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet, (OMMI, új nevén: Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal; NÉBiH) elismerését megszerzett hibrid került a köztermesztésbe, továbbá az EU fajtalistán szereplő hibridek közül tetszőlegesen bármelyik behozható (Nagy, 2007b). Ez a választék lehetőséget biztosít arra, hogy kiválaszthassuk a bioetanol gyártásban legalkalmasabb hibrideket. A számos kukorica-hibrid közül jelenleg mindössze 5 -10 fajta uralja a hazai vetésterület 75%-át (Nagy 2007a). Ez a választás elsősorban a kukorica-hibridek akár 20 t/ha-os terméshozamait elérő genetikai potenciálját veszi figyelembe. Mellőzve a beltartalmi értékek alakulását és a keményítőtartalmat. A magas keményítőtartalommal rendelkező kukorica-hibridek fejlesztésével több nemzetközi vetőmag-forgalmazó vállalat és hazai kutatóintézet foglalkozik. A Pioneer Hi-Bred például „High Total Fermentable” (HTF) jelöléssel látja el a magas keményítő-kihozatalú, ezért bioetanol-gyártás céljára leginkább alkalmas kukorica-hibridjeit (3. táblázat). A „High Fermentable Corn” (HFC) jelölésű kukorica-hibridek is kiemelkedően magas keményítőtartalommal rendelkeznek, viszont a relatíve alacsony terméshozamuk miatt csak olyan körülmények között célszerű őket termesztetni, amely során az előállított termék maga a keményítő, amelyet a későbbiekben az élelmiszeripar számára értékesítenek. Nagyüzemi száraz őrléses eljárások alkalmazásával végeztek összehasonlításokat a HTF és a hagyományos kukorica-hibridek etanol-hozamáról és a tapasztalatok szerint a HTF hibridekből előállított bioetanol mennyisége 1-4,7%-al haladta meg a hagyományos hibridekből kinyerhető etanol mennyiségét (Hingyi et al., 2006).

3. táblázat: Magas fermentálható keményítő tartalmú szemtermésű kukorica-hibridek

Érés csoport	HTF kukorica-hibridek
FAO 280	38D81
FAO 310	38B12
FAO 330	37D25
FAO 360	38B85
FAO 380	38A24
FAO 380	37Y12
FAO 430	37F73
FAO 480	36K67
FAO 540	34B97
FAO 560	34H31

Forrás: Hingyi et al., 2006

A bioetanol-gyártás szempontjából azonban nemcsak a kukoricában lévő keményítő mennyisége, de annak összetétele, az amilóz/amilopektin arány is fontos befolyásoló tényező. Az amilóz egy lineáris, csak alfa-1,4-es kötésekkel kapcsolódó D-glükóz polimer, az amilopektin ezzel szemben egy többszörösen elágazó molekula, amelyben az alfa-1,4-es kötéstípus mellett az alfa-1,6-os főkötés típus is megtalálható. A két molekula közül az amilopektin a nagyobb méretű és a többszörösen elágazódó. Az elágazások mértéke szorosan összefügg a nagyobb viszkozitás és a jobb gélképző tulajdonság kialakulásával. A két molekula növényen belüli egymáshoz viszonyított aránya befolyásolja lényegében a keményítő kémiai tulajdonságait (*Hingyi et al., 2006*). A hagyományos és a viaszos hibridek közötti fontos különbség az amilóz/amilopektin arányban is mutatkozik. A normál kukorica-hibridek esetében a keményítőben körülbelül 70-75%-ban amilopektin, és csak 25-30%-ban mutatható ki amilóz. Ezzel szemben a viaszos fajták keményítőtartalmának 95-100%-át amilopektin képezi. A viaszos, angolul „waxy”-nak nevezett különleges beltartalmi értékű hibridek keményítője szinte kizárólag amilopektint (95-100%) tartalmaz (*Sólyom és Kudron, 1985*). Az amilopektinben dús keményítő az ipari alkalmazás szempontjából előnyösebb, mivel a viszkózusabb és nagyobb szemek jobban duzzadnak. Ez azt jelenti, hogy a vízfelvevő és megtartó képességük jobb, valamint a belőle kivont keményítő lágyabb lesz. Magas hőmérsékletről lehűtve inkább viszkózus oldatot, mint gél képez, ami előnyösebb az ipari-feldolgozás szempontjából (*Győri és Győriné, 2002*). Az amilóz/amilopektin arány tehát befolyásolja az etanol-kihozatalt. A waxy kukoricából származó keményítő fermentálásával ugyanis több alkohol keletkezik (*Kiss et al.,*

2007). A magyar fajlistán 2004-től két Pioneer nemesítésű waxy kukorica hibrid (PR35P21WX, PR36B06WX) szerepel, amelyek rendelkeztek állami elismeréssel. A 2007-es évtől végzett kutatások szerint a PR36T24 (FAO 460) és a PR37K85 (FAO 370) hibrideknek is kiemelkedő volt a keményítő-tartalma (Knódel, 2009).

A 4. és 5. táblázatban a Martonvásári Mezőgazdasági Kutató Intézet és a Szegedi Kutató Kht. átlag feletti keményítőtartalmú kukorica-hibridjei szerepelnek.

4. táblázat: Átlag feletti keményítőtartalmú martonvásári kukorica-hibridek

Érécsoport	Kukorica-hibrid
FAO 200	Mv 251
FAO 300	Mv 277, Hunor, Mv 343, Amanita
FAO 400	Tisza, Gazda
FAO 500	Mv 500

Forrás: Martonvásári Mezőgazdasági Kutató Intézet (AKI), cit: Hingyi et al., 2006

5. táblázat: Átlag feletti keményítő-tartalmú szegedi kukorica-hibridek

Érécsoport	Kukoricahibrid
FAO 200	Sze SC 276
FAO 200	Sze SC 271
FAO 200	Sze TC 273
FAO 300	Ella
FAO 300	Sze TC 358
FAO 400	Sze SC 428
FAO 400	Sze TC 465
FAO 400	Sze TC 462
FAO 500	Sze DC 488

Forrás: Szegedi Gabonatermesztési Kutató Kht. (AKI) , cit: Hingyi et al., 2006

Kukoricát Magyarország területén szinte mindenhol termesztene. Még azokban a megyékben is, amelyekben a klimatikus tényezők és talajadottságok nem teljesen kedvezőek a kukorica számára. Magyarországon az összes szántóterület 24-26%-án termesztene kukoricát. Részben ennek köszönhető, hogy hazánk növénytermesztésére a gabonatúlsúly jellemző, amely (50-70%-os) (KSH, 2010). Hazánkban az agro-ökológiai adottságok szinte az egész ország területén kedvezőek a kukoricatermesztéshez, így Európa kukorica-termő zónájához tartozunk. A gabonát termelő területeken belül a kukorica (25-30%) és a búza (18-30%) aránya a

legjelentősebb, a többi gabonaféle csupán néhány százaléknyi részesedéssel rendelkezik (Nagy, 2005.) Az Észak-Alföldi régiót alkotó három megye (Hajdú-Bihar, Szabolcs-Szatmár-Bereg, Jász-Nagykun-Szolnok) közül megállapítható, hogy Hajdú-Bihar megyében termelt a legtöbb kukorica az elmúlt években. A termőterületek nagyságához mérten 2002, 2003-ban 600.000 tonna, a 2004-es, 2005-ös években 800.000 – 1.000.000 tonna volt a kukorica termése (KSH, 2006). A szembetűnő terméskülönbségek jól tükrözik az időjárási viszonyok számottevő szerepét a kukoricatermesztésben. A kukorica-hibridek termesztetőségének, terméshozamainak elsősorban az éghajlati adottságok, a talaj- és tápanyag igényeik szabnak határt.

2.2.1. A kukorica éghajlatigénye

Az éghajlat növénytermesztésre gyakorolt hatása igen összetett. Korunkban egyre inkább bizonyítottnak tűnik az a megfigyelés, amely szerint az időjárási szélsőségek egyre fokozódó tendenciát mutatnak. Ez valószínűleg a globális felmelegedés hatására bekövetkezett klímaváltozás következménye, amelyet jelentős mértékben befolyásol az üvegházhatású gázok, köztük a CO₂ eddig nem tapasztalt mértékű légkörbe kerülése és feldúsulása. Ilyen kiszámíthatatlan időjárási körülmények mellett várható a szántóföldi növények, köztük a kukorica-fajták termés-ingadozásának a növekedése. A különböző klímaelemek, így a hőmérséklet, a csapadék, a napsütéses órák száma, jelentős hatást gyakorolnak a kukorica termésére. A kukorica jó, vagy átlag feletti terméshozamának eléréséhez megfelelő klimatikus tényezők megléte szükséges. A megfelelő mennyiségű terméshez a kukorica termésének minőségéhez elsősorban a jó csapadékeloszlástól és a szélsőséges hőmérsékletingadozástól mentes tenyészidőszak szükséges. A napszakosság hatása a kukorica növekedésére jelentős tényező. A kukorica, valószínűleg trópusi származása miatt, alapvetően rövidnappalos növény, de jól alkalmazkodott a hosszúnappalos körülményekhez is. A kukorica az egyik leginkább fényigényes szántóföldi növényünk. C4 típusú növényként megállapítható, hogy a megvilágítás erősségével majdnem egyenes arányban áll a kukorica szén-dioxid asszimilációs sebessége (Pethő, 1993). A hazai kukorica-hibridek napfénytartam-igénye június, július, augusztus hónapokban a legnagyobb. Átlag feletti terméshozam a 3 hónap 260-370 napsütötte órái számának összegét igényli. Azokon a termőterületeken a legkedvezőbb a kukorica termesztése, ahol a vegetációs időszak napsütéses óráinak száma 1400 és 1600 óra között van (Ángyán, 1987). Ezzel összefüggésben hazánk déli

ország részében a hosszabb, míg északon a rövidebb tenészeitű hibrdek termesztése terjedt el. A kukorica szárazanyag-termésre vetített vízfelhasználását vizsgálva a közepes vízigényű növények közé sorolható (Péter és Tolner, 1998). Az Észak-alföldi régió, ezen belül a Hajdú-Bihar megye területén lehulló éves csapadék mennyisége 620 mm körüli, amely megegyezik a sokéves országos átlaggal. A mennyiség vonatkozásában ez a legtöbb termőtájon elegendő lenne a kukorica gazdaságos termeléséhez. A csapadék eloszlása azonban, az egymást követő években és eltérő területeken egyenetlen. Ráadásul a lehulló csapadék sem elégíti ki közvetlenül a kukorica vízigényét. Ebből az következik, hogy a kukorica vízellátásában a talajok vízgazdálkodásának kiemelkedő jelentősége van. A csapadék-szegény területeken a kukorica-termés garanciáját az öntözés biztosítja (Cselőtei, 1957). A vízellátottság időbeli eloszlásának is kiemelkedik a szerepe a kukorica termés hozamára. A növény vízigénye a címerhányás időszakában a legnagyobb, ugyanis az ekkor fellépő aszály akár 40 – 50 %-os termés csökkenést is okozhat (Claassen and Shaw, 1970). A kukorica tenészeitének közepénél a virágzás időszakában fellépő aszály kisebb valószínűséggel fordul elő, mint a termésidő elején és végén jellemző csapadékhiány. Ennek következtében az aszály a kukorica növekedésének bármely időszakában bekövetkezve, érzékelhető termés hozam csökkenést idéz elő, mégis a legjelentősebb termés hozam csökkenést a virágzás alatti gyenge stressz tűrő képesség idején okozza (Slater and Good, 1967). A vízhiány okozta stressz bekövetkezése előtt biztosított öntözés segítségével a kukorica termés hozam csökkenése megelőzhető (Oweis, 1997). A kukorica a vízigény mellett leginkább a hőmérsékletre érzékeny. Magas hőmérsékleti igénye szintén a trópusi származására vezethető vissza. A kukorica-termesztés hőmérsékleti viszonyait illetően először meg kell vizsgálni a keléshez szükséges talajhőmérsékletet. Az egyenletes és gyors keléshez minimálisan 10-12 °C-os áprilisi talajhőmérséklet, 13 °C-ot meghaladó éjszakai léghőmérséklet, és folyamatosan nyirkos magágys (Shaw, 1976) szükséges. Más szerzők (Nagy, 2007a) szerint a csírázáshoz elég a minimális 8-10 °C, de optimálisnak a 31-35 °C tekinthető. A kukorica a kisebb fagyokat (-2 °C-nál nem hidegebb) jól tűri, különösképpen nem károsodnak a hazai termesztésben szereplő hibrdek, esetleg levelei megsárgulnak, leperzselődnek. A -2 °C-ot meghaladó lehűlések esetén azonban a növény föld feletti része teljesen elszáradhat, és ennek következtében elpusztul (Nagy, 2006). Összességében megállapítható, hogy az alacsonyabb hőmérséklet hátráltatja a kukoricát a gyors, egyenletes fejlődésben, amely tulajdonság szintén a kukorica meleg égövi származására vezethető vissza. A vegetációs

időszakban a legkedvezőbb átlaghőmérsékleti tartomány 17-19 °C, a legideálisabb nappali hőmérséklet pedig 24-30 °C. A vegetációs időszak effektív hő-összege akkor a legideálisabb a termésátlagokat nézve, ha 1250-1750 °C között van. A 10 °C alatti és 30 °C feletti hőmérsékleti intervallumokban a kukorica fejlődése lelassulhat, vagy akár le is állhat (*Péter és Tolner, 1998*). Az OMMI FAO számban adja meg a különböző hibridkukoricák tenyészidejének a hosszát, amely szám segítséget nyújt a termelőknek az adott termőhelyen termesztendő kukorica-hibrid kiválasztásában. A hőösszeg-csapadék arányt tekintve a maximális terméshez a 2,5 °C/mm érték tekinthető a legjobbnak.

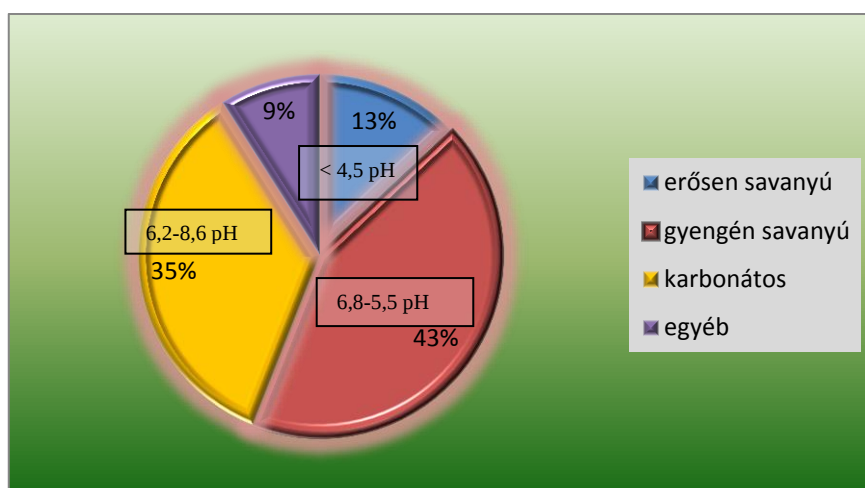
2.2.2. A kukorica talaj- és tápanyagigénye

Alapvetően elmondható, hogy a kukorica a jó víz- és hőgazdálkodású, mély termőréteggel rendelkező talajokat igényli. Azonban kevésbé szélsőséges talajokon is megterem. A talajtani szempontból kedvezőtlenebb területeken természetesen nagyobb jelentőséggel bír a megfelelő hibrid és agrotechnika megválasztása. A kukorica a gabonafélék közül a legigényesebb a talaj minőségére és a talajművelésre (*Menyhért, 1985*). A termőhelyi adottság tehát az egyik legfontosabb tényező a sikeres kukoricatermesztés szempontjából. A termőtalaj, a típusával és a szerkezetével egyaránt befolyásolja a víz- és tápanyag-szolgáltató képességet, amelyek köztudottan kulcsszerepet töltenek be a növénytermesztésben. A kukorica termesztéséhez a legideálisabb a középkötött vályogtalaj (*Nagy, 2007a*). Mivel növényélettani szempontok alapján a kukorica igen érzékeny a talaj légjárhatóságára, ezért csak bizonyos fajta vályog talajok felelnek meg a kukoricának. A kukoricát a legkülönbözőbb talajokon lehet termesztetni, de kiemelkedően jó termést csak jó vízgazdálkodású, levegős, mély termőrétegű, könnyen felmelegedő barna erdőtalaj, csernozjom és réti csernozjom, csernozjom barna erdőtalaj, réti talajok biztosítanak számára. Átlagfeletti terméshozam leggyakrabban a középkötött mezősegi vagy erdőtalajokon, vízrendezett öntés és réti talajokon terem. A növény érzékeny a szikesedésre, ezért a kukorica csak a szelídebb szikes talajokon termesztendő. A kukorica talajjal szembeni igényei közül nagy szerepet tölt be a talaj hőmérséklete, mivel a hideg talajban a mag nehezen indul csírázásnak, ennek következtében ilyen talajokban egyáltalán nem, vagy csak meglehetősen lassan kel ki. Mivel a kukorica nagyon érzékeny a gyökér légellátottságára, ezért pangóvizes, belvizes területeken könnyen kipusztul. Sajnos

országszerte egyre gyakrabban láthatunk ilyen állapotban lévő szántóföldeket. A talaj minősítésének egyik mutatója az aranykorona-érték. A kukorica terméshozama az aranykorona-értéktől függően a következően alakul: 20 AK (aranykorona-érték) 5,01 t/ha, 21-30 AK között 5,94 t/ha, 31 AK felett 6,7 t/ha az átlagos hozam.

A talaj kémhatását nézve megállapítható, hogy a kukorica a 6,6-7,5 pH értékű talajokon fejlődik legjobban. Termeszthetőségének alsó és felső határa az 5,5 és a 8,0-as pH értéket is eléri. Magyarországon a talajok túlnyomó többsége (43 %) a gyengén savanyú (6,8 – 5,5 pH) talajok közé tartoznak (2. ábra), de jelentős területen (35 %) találkozhatunk a felszíntől karbonátos (6,2 – 8,6 pH) talajtípusokkal is (Stefanovits, 1963; Lindsay, 1979; Várallyay, 1980).

2. ábra: A hazai talajok kémhatása



A hazai talajok 13 %-a az erősen savanyú (< 4,5 pH) talajok csoportjába sorolhatók (MTA TAKI GIS Labor, 2003). Fontos szempont a talaj-kukorica viszonyban a talaj tömörödöttsége, ugyanis az erős talajtömörödöttség hatására a kukorica gyökérzete nem tud áthatolni a tömörödött rétegen, így csak a felső rétegben fog szétterülni. Szárazabb időszakokban gondot okoz a fejlődésben. Azokban a talajokban fejlődik legjobban a növény gyökérzete, ahol a sűrűség az 1,2-1,5 g/cm³-es tartományon belül található. A kukorica fejlődése során igényli a nagyobb mennyiségű nitrogént. A nitrogénnek a termésmenvelő hatása azonban csak a többi tápelem optimális kijuttatásával együttesen érhető el. A 1980-as, 1990-es évek magyarországi tápanyag-visszapótlási gyakorlatára az egyoldalú, nitrogén-centrikus kijuttatás volt jellemző. A kukorica műtrágyázását tekintve a legtöbb esetben elmondható, hogy a nitrogénműtrágyázás egésze általában tavasszal, osztott kijuttatással valósul meg. A

makroelemek közül a nitrogén mellett még a foszfornak és káliumnak van jelentős szerepe. A kukorica foszforigénye a vegetációs időszak kezdetén a legnagyobb. A megfelelő kálium-ellátottság növeli a szárazsággal szembeni ellenálló képességet, illetőleg gyakran mérsékli a gombás, baktériumos megbetegedések kialakulását és kártételeit. A makroelemek mellett fontos a magnézium, a mikroelemek közül pedig a mangán, a bór és a cink, amely hiánya esetén klorózis léphet fel. A hatóanyagok megfelelő mennyisége a talaj tápanyagtartalma, az elővetemény, a megcélzott termésszint, a termesztett fajta és az évjárat figyelembevételével becsülhető meg.

2.2.3. A kukorica termésátlaga

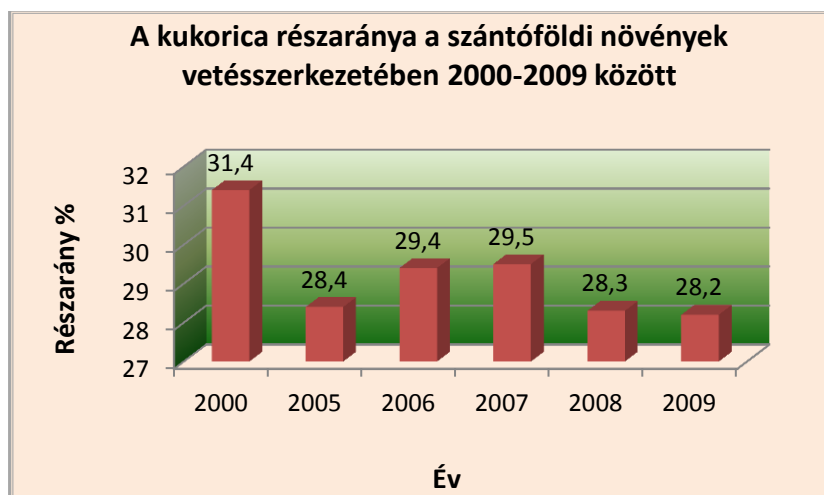
A kukorica termésátlaga jó termesztési műveletek és kedvező időjárási körülmények között a gabonafélék között a legmagasabb. Több éves eredmények alapján átlagosan 6,7 t/ha. A magyarországi termésátlagokat közelebbről szemügyre véve a kukoricatermesztés történetében több szakaszt különíthetünk el. Az 1900-as évektől a kukorica hazai termésátlaga a hektáronkénti 2 tonnás eredményével nagyon alacsonynak számított (Nagy, 2007a). 1921-1980 között a kukorica termésátlaga lineárisan emelkedett. Az 1980-as évektől egészen a rendszerváltásig a területegységre jutó termés évről évre megközelítette, illetőleg egyes években – például 1982-ben az országos hektáronkénti termésátlag 8,86 tonna volt - meghaladta a 6 t/ha-os termésátlagot (Nagy, 2006). Ezek a hozamok szoros összefüggében állnak a kukoricatermő területek tápanyaggazdálkodásában bekövetkezett változásokkal. Köztudottan a '80-as években volt a kukorica műtrágyázása a legintenzívebb. Ekkor a talajok foszfor és kálium feltöltése volt jellemző. A '90-es években, és még manapság is, a környezetvédelmi előírások mellett a megváltozott gazdasági környezet hatására kevesebb tápanyag visszapótlással számolhatunk, amellyel a terméshozambeli visszaesés is magyarázható.

Napjainkban a kedvezőtlen klimatikus viszonyoknak és a kevésbé jó agrotechnika következtében a termésingadozás mértéke akár 30-50%-ot is elérhet. 2003-ban a rendkívül súlyos aszályos évjáratban az országos termésátlag 3,99 t/ha volt, 2004-2006 között viszont kiemelkedő, 7,0-7,7 t/ha-os terméseredményeket jegyeztek, többek között a kedvező időjárási viszonyoknak köszönhetően.

2.2.4. A kukorica vetésterületének alakulása hazánkban

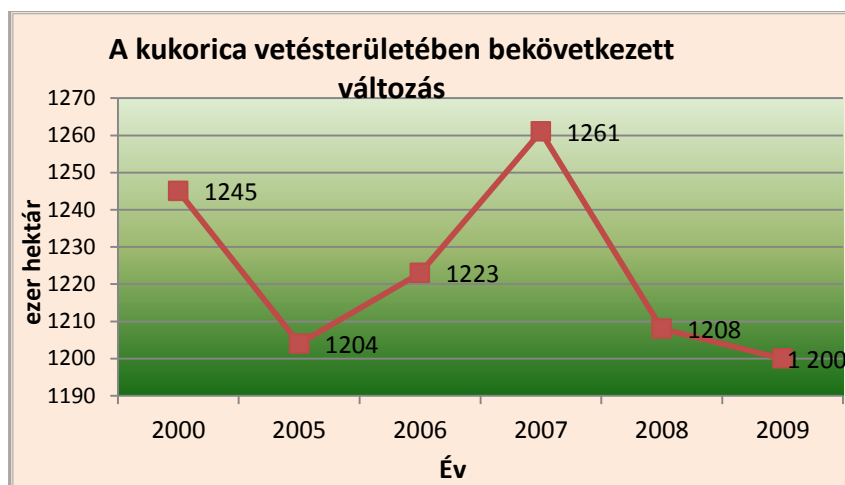
Hazánkban az őszi búza mellett a kukorica a meghatározó kultúrnövényünk. Az összes szántóterület mintegy 25%-án regisztrálták a kukorica termesztését. Így kijelenthető, hogy Magyarország növénytermesztésére a gabonatúlsúly jellemző (50-70 %). A növénytermesztésben szereplő területeken belül a kukorica (28-33 %) és a búza (18-30 %) aránya a legjelentősebb. A többi gabonaféle ehhez képest mindössze néhány százaléknyi részesedéssel rendelkezik (3, 4. ábra). Ennek tükrében elmondható, hogy a kukorica termesztését és feldolgozását kiemelt fontossággal kell kezelnie a hazai mezőgazdasági szektornak.

3. ábra: A szántóföldi növények vetésszerkezetében a kukorica részaránya 2000-2009 között



Forrás: Magyar Statisztikai Évkönyvek, KSH, 2006-2010

4. ábra: A kukorica hazai vetésterületében bekövetkezett változás 2000-2009 között



Forrás: Magyar Statisztikai Évkönyvek, KSH, 2006-2010

Az 1995-ös évtől kezdve a kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*) kártevő megjelenése és gyors terjedése miatt bizonyos területeken számottevően csökkent a kukorica vetésterülete. Azonban még így is meghaladja az 1 millió hektárt. Az ellene és más kártevőkkel szembeni védekezés fontos alapfeltétele a vetésváltás, a megfelelően alkalmazott agrotechnika, valamint a kiegyensúlyozott szakszerű tápanyagellátás (Széll *et al.*, 2005). Hasonlóan összetett agrotechnikai (kémiai és biológiai) védekezésről ír (Nagy, 2010), amelynek egyebek mellett összhangban kell lennie az integrált növényvédelem elveivel.

2.3. Az Észak Alföld régió, mint kísérleti helyszín agroökológiai jellemzése, különös tekintettel a kukoricatermesztésre

Az Észak Alföldi Régió az Alföld éghajlati nagytáján belül található. A régiót alkotó három megye mindegyikének éghajlata a mérsékelt meleg-száraz típusú csoportba tartozik. A csapadékoságát tekintetében, a sokéves időjárási sorokból gyűjtött adatok alapján elmondható, hogy annak mind az időbeni mind a térbeli eloszlása szélsőséges. Az átlagos évi csapadék 520 és 620 mm között változik. A napsütéses órák száma évente 1950-2050 óra között változik, ami kedvező ökológiai feltételt biztosít számos szántóföldi növény, köztük a kukorica termesztéséhez. A tenyészidőszak hossza (10 °C feletti napok száma) 183-195 nap közé tehető. Az évi középhőmérséklet a meteorológiai adatok szerint 9,5 – 10,5 °C között ingadozik.

Talajtani szempontból a terület igen változatos. Az Észak Alföld régiót alkotó kistájakon 31 talajtípus található (*Harsányi, 2004*). A löszös síkságok legelterjedtebb és leggyakoribb talajtípusai a csernozjomok (*Stefanovits, 1967; Szűcs, 1969*). Az alacsony löszös síkságokon az alföldi mészlepedékes csernozjom és a réti csernozjom a leggyakoribb talajféleség. Azokon a területeken, ahol magas sótartalmú talajvizek fordulnak elő, megjelennek a mélyben sós réti csernozjom és sós alföldi mészlepedékes csernozjom talajok is. A magas löszös síkságokon viszont leggyakoribb a típusos mészlepedékes csernozjom. A szántóföldi termelés legfontosabb színterei és a legjobb termőhelyi adottságokkal rendelkező talajok a csernozjom típusú talajok. Ezeken a területeken a szántóföldi területhasználat dominanciája figyelhető meg.

Eredményeim értelmezéséhez szükségesnek tartottam az általam végzett kísérletnek otthont adó Hajdú-Bihar megye adottságainak részletes ismertetését.

A megye területe északnyugati irányában átnyúlik a Közép-Tiszavidék, keleti irányban pedig belenyúlik a Nyírség vidékébe talajtani szempontból is két fontosabb szembevetően elkülönülő kistáj alkotja: a Hajdúhát és a Dél-Hajdúság. A Hajdúságot lösszel fedett hordalékkúp síkságként szokták említeni. A mészlepedékes csernozjom talajok túlsúlya az Ebes-Hajdúnánás vonaltól északra fekvő területeken figyelhető meg. Ezzel szemben délebbre, a hidromorf hatás erősödésével már megnő a réti csernozjomok aránya, amíg a mélyebben fekvő területeken nem ritka a szikesek megjelenése sem. Az említett területen a leggyakrabban termesztett szántóföldi növények a következők őszi búzát, őszi árpát, kukoricát, napraforgót, repcét, lucernát és borsót tesztenek.

2.3.1. Hajdúhát jellemzése

Összterülete 850 km², amelyet 72%-ban alföldi mészlepedékes csernozjom borít. A Hajdúhát a lösszel fedett hordalékkúp síkságaink közül a magas löszös síkságok csoportjához tartozik. A tengerszint feletti magassága általában meghaladja a 100 métert (*Martonné, 2003*). Hajdúhát déli részén a lösztakaró vastagsága a 10-15 méteres vastagságot is eléri. Ezeken a területeken a talajvízmélység akár 6-10 m-es mélységig is lesüllyedhet (*Rónai és Somogyi, 1969*). A terület egységesnek nevezhető. Platójellegű domborzati viszonyait a Hajdúhát déli részébe bevágódó, általában sekély érvölgyek (Pece-ér, Tóció) nem változtatták meg jelentősen. A területen több helyen lelhetünk fel vályogot, ami fizikai féleségű csernozjom talajként jellemezhető. Termékenysége igen

jó. A mélyebben fekvő területek jellegzetes talajtakarója a réti csernozjom és a szolonyeces réti talajok.

2.3.2. Dél-Hajdúság jellemzése

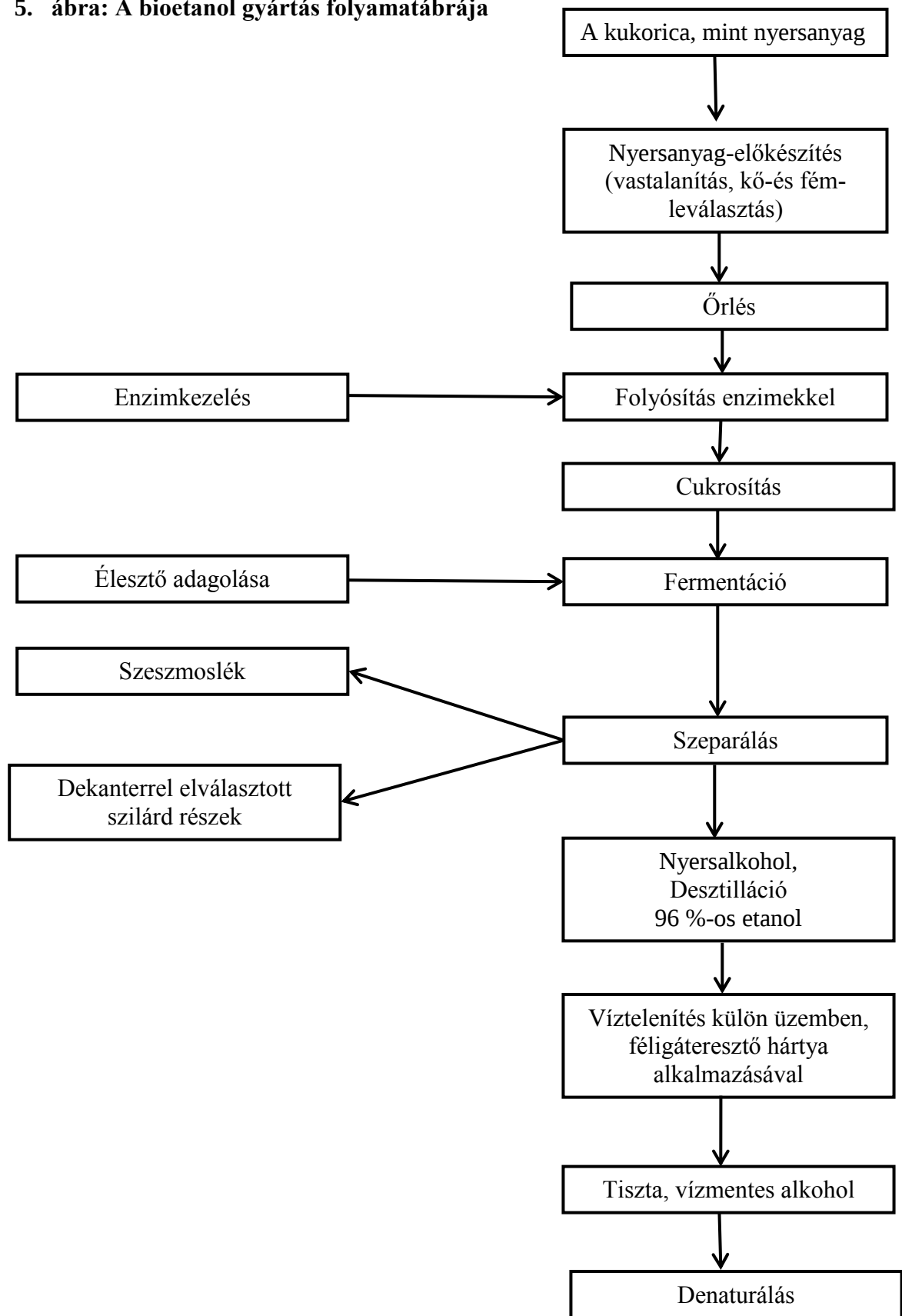
A kistáj területe 750 km². A Hajdúság az Alföld alacsony löszös síkságának egyik meghatározó egysége. A területre jellemző tengerszint feletti magasság 80-100 méter között van. Ezen a területen a talajvízszint közel helyezkedik el a felszínhez. Jellemzően 2-4 m-es mélységben. A csapadékosabb időszakokban ezen a területen fekvő szántóföldeken zajló termelést rendszeresen veszélyeztetik a belvizek (Somogyi, 1967). Löszös iszappal fedett hordalékkúp-síkságként definiálható, amelyet legnagyobb területi kiterjedésben (összesen 63%-on) szintén vályog fizikai összetételű, réti csernozjom talajok borítanak. Ezeknek a talajoknak a termőképességük jó, de elmarad a Hajdúhát területéről észak felől áthúzódó alföldi mészlepedékes csernozjom talajtípus (összesen 11%-án a területnek) termőképességétől.

2.4. A kukorica alapanyagból történő bioetanol-előállítás lépései tangazdasági és ipari körülmények között

A bioetanol kukorica alapanyagból történő előállítása egy többlépcsős folyamaton keresztül valósítható meg. A folyamat egyik jellemzője a nagy energiaigény. A bioetanol-előállítás alapja az alkoholos erjedés. Az etanol előállítás folyamata a következő fontos és jól elkülöníthető lépésekből áll: a kukorica tisztítása, szükség esetén szárítása, őrlése, pépesítése, keményítő-szuszpenzió főzése, hidrolízise enzimekkel, élesztő gombákkal végzett erjesztése, az így kapott híg alkohol desztillációval való töményítése 95%-ig, majd a töményebb bioetanol esetében dehidratáció, végül denaturálás. A 99,5%-ig való teljes töményítés energiaszükséglete 5363 kJ/liter (Nagy, 2007a). A folyamat legfőbb mellékterméke a szén-dioxid és a gabonamoslék. Utóbbi szárított változata (DDGS) igen értékes állati takarmányként kerül forgalomba. A fermentációs folyamat másik jelentős mennyiségben képződő mellékterméke a CO₂. Az üzem megfelelő technológiai felszereltsége esetén a keletkező szén-dioxid felfogható, sűríthető és más iparágak számára alapanyagként értékesíthető (pl. üdítőgyártás). Ebben az esetben a gyárkéményekből a légkörbe kerülő CO₂ mennyisége elenyésző. A bioetanol-előállítás technológiai változatait tekintve száraz és

nedves előállítási módszereket különböztethetünk meg. Az utóbbi évek tapasztalatai szerint a gyártók gazdaságossági okok miatt a száraz őrléses eljárást részesítik előnyben. Emiatt az újonnan tervezett és átadott üzemek és gyárak száraz technológiára rendezkedtek be. A közelmúltban a már működő gyárak közül is számos erre a módszerre tért át. Újabban a fejlesztésekkel a befektetett energia csökkentésére törekednek (5. ábra).

5. ábra: A bioetanol gyártás folyamatábrája



Forrás: Bai et al, 2002

2.4.1. A száraz őrléses technológia jellemzése

A száraz őrléses technológia lényege, hogy a kukorica keményítőtjét előbb cukorra alakítva egy fermentációs eljárás segítségével etanolt állítunk elő. A száraz őrléses eljárás során a kukoricaszemeket három különböző frakcióra bontják: *csíraban gazdag* frakcióra, *lisztes* és *grízes* frakcióra (Kiss et al., 2007). A száraz őrlés folyamatával a feldolgozók 100 kg kukoricából az alapanyag, az enzimek és az élesztőgomba minőségétől függően körülbelül 30-32,5 kg bioetanolt képesek előállítani. Ez a mennyiség régebben 10%-kal kevesebb volt. A kihozatal szempontjából tehát a fejlődés jelentősnek mondható. Ez a változás összefüggésben áll a fejlettebb termelési technikákkal, amelyekben magas keményítőtartalmú, szárazőrléses-előállításra szánt kukorica-hibrideket használnak. A különböző genotípusú kukorica-hibridek etanol hozamában a különbség meghaladja a 7%-ot is (Nagy, 2007a), míg más szerzők (Hingyi et al., 2006) ezt a különbséget a száraz őrléses kinyerési folyamat során csak 4,7%-ra becsülik.

A száraz őrléses bioetanol üzemben a kalapácsőrlőket az egyszerűségük miatt alkalmazzák (6. ábra). Egy átlagos etanol gyár kapcsolt formában egyszerre több, akár 7-8 kalapácsőrlővel végzi a gabona őrlését (Kiss, 2012b). Mára azonban egyre jellemzőbb a kalapácsőrlés és a hengermalom kombinációjának a használata. Ilyen módon az energiaszükséglet 15%-os csökkentését lehet elérni (Nagy, 2007a).

6. ábra: Kalapácsőrlő sor egy modern száraz őrléses üzemben



Forrás: [http://indianapublicmedia.org/news/worlds-largest-ethanol-producer-opens-plant-indiana-](http://indianapublicmedia.org/news/worlds-largest-ethanol-producer-opens-plant-indiana-14197/)

14197/

Az etanol gyárak lepárlóiból származó szárított moslék (DDGS) szárítási folyamata (a szétválasztást nem számolva) körülbelül 30%-át teszi ki a teljes energiafelhasználásnak. A száraz mag előválasztásának –tisztításának és osztályozásának - bevezetésével ez az energiafelhasználási mennyiség jelentősen csökkenthető. A gabonamoslék (WDGS) szárítási folyamata a melléktermék értékesíthetősége miatt fontos lépés. Ennek az etanol-gyártás során keletkező szeszmosléknak mindössze 30-35 % a szárazanyagtartalma. Így a WDGS önmagában egy nehezen kezelhető állagú, rövid ideig tárolható, ugyanakkor tápértékben rendkívül gazdag melléktermék. Az energiaigényes szárítás után kapott szilárd halmazállapotú, kedvező szerkezetű, 90-91 %-os szárazanyag tartalmú DDGS-ből könnyen gyártható granulátum. A jó kezelhetőség és az akár hónapokig is biztonságos tárolhatósága teszi a granulátumot igen keresett takarmánnyá. A beltartalmi érték vizsgálatakor a következő fontosabb összetevők mutathatók ki: nyers fehérje~ 25-27 %, amelyet összesen 18 fajta aminosav alkot, olaj ~ 10-11 %, rost ~ 6-7 %, hamu: ~ 4-5 %, valamint ásványi anyagok (6. táblázat).

6. táblázat: A DDGS (Dakota Gold®) ásványi anyag tartalma

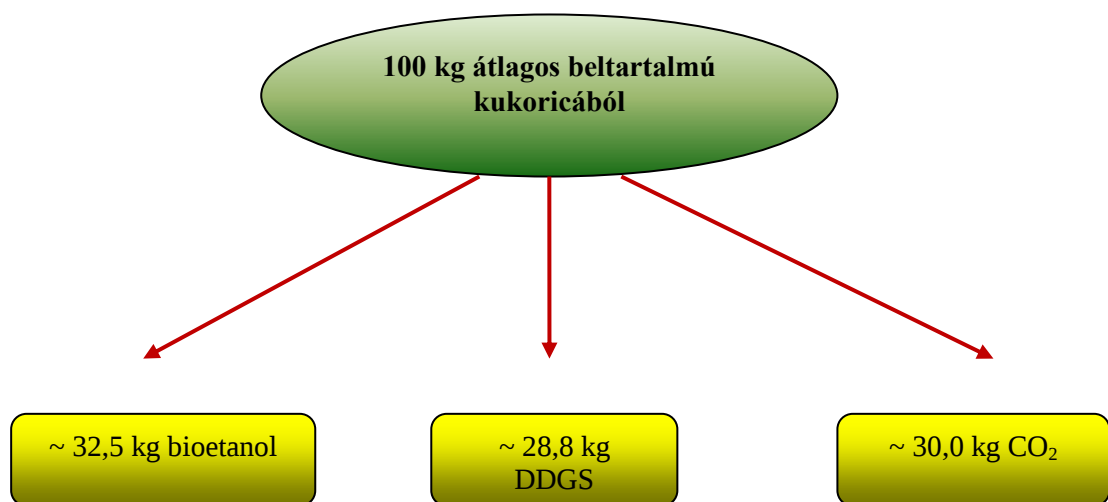
Ásványi anyagok	
Összetevők	Érték
kalcium (%)	0,004
foszfor (%)	0,90
nátrium (%)	0,19
kálium (%)	1,14
magnézium (%)	0,32
kén (%)	0,81
réz (ppm)	5,4
vas (ppm)	70,4
mangán (ppm)	15,3
cink (ppm)	78,9

Forrás: Az Egyesült Államok, Indiana, Cloverdale-ben üzemelő POET cég bioetanol gyárának adatai alapján, 2011

Az energiatermelés szempontjából igen jelentős tényező az energiahatékonyság. A befektetők ezért különös figyelmet fordítanak az energiahatékonyság növelésének lehetőségére. Azok az üzemeltetők tesznek szert komoly gazdasági előnyökre, akiknél a gyárak műszaki felszereltsége energia-hatékony technológiákat alkalmaz. Szemben a kevésbé korszerű, nagy energiafelhasználású telepekkel (Nagy, 2007b). Néhány szárazörlésű módszert alkalmazó gyár újabban olyan költség- és energia-csökkentő eljárást dolgozott ki, amely során az igen nagy energia befektetést igénylő főzési, vagy más néven elfolyósítási folyamatot, erre a célra kifejlesztett enzimes kezeléssel váltja fel (Lindsay, 2010). Ilyen módon nemcsak a főzésre fordított energia, hanem a hűtési folyamat idő szükséglete is megspórolható, mivel az enzimekkel és a vízzel kevert kukorica-pépet összesen 3 napig kell a tartályokban tartani. Az őrlési folyamatot megelőzően a gyáraknak a beérkező kukoricát meg kell vizsgálniuk, hogy megbizonyosodjanak az alapanyag megfelelő minőségéről. A vizsgálat részeként meggyőződhetnek arról, hogy a megvásárolandó kukorica nem fertőzött e kártevőkkel (pl. kukoricazsizsik, *Sitophilus zeamays*) (Borcsik, 2003). Az etanol gyártás szempontjából kedvezőtlen az avas, penészes, a nedvességtől elsavasodott, hőkárt szenvedett, idegen anyaggal szennyezett (kő, fa, egyéb gyártást gátló anyagok) alapanyag felhasználása. A gyáraknak továbbá meg kell vizsgálniuk a nedvességtartalmat, amely legideálisabb esetben 16 % (+/- 0,5 %). Az ez alatt lévő, de leginkább az ennél több nedvességet tartalmazó áruért akár kevesebbet is kínálhatnak a beszállítóknak. Ugyanígy mérhetik és értékelhetik a kukorica hektoliter tömegét, ami ideális esetben 52-54 % között van. A túlságosan kevés keményítőt tartalmazó kukorica etanol-gyártáshoz történő felhasználása nem ajánlott. A száraz őrléses technológia során a kiszárított magokból finom lisztet őrlnek, s így ezek csíra-, rost- és fehérjetartalma is bekerül a további feldolgozásba. A feldolgozás következő lépése víz hozzáadásával az őrlemény péppé alakítás. A technológia sikerességét mikrobiális fertőzés veszélyeztetheti, amely folyamat a vízminőség betartásával jelentős mértékben csökkenthető. Amennyiben a pépesítés során bakteriális szennyeződés következik be, úgy az etanol előállítás folyamatában sav természetű molekulák képződnek glükóz helyett. Megzavarva ezzel a fermentációs folyamatot. A száraz őrléses technológia másik hátránya lehet a penészgombák által termelt mikotoxinok alkoholhozam csökkentő hatása. A mikotoxin fehérje természetű vegyület, amely nemcsak a hozamra hat károsan, de a visszamaradó gabonamoslékot (WDGS) is szennyezi, így az nem lesz felhasználható később állati takarmányozási célra. Az avas szemek jelenléte, a helytelen

tárolás, a hibás eszközök felhasználása, az újrahasznált cefre és a levegővel terjedő fertőzés mind-mind szennyeződés forrásai lehetnek (Kudron és Simonyi, 1986). Egy átlagos száraz őrléses technológia alkalmazása esetén a bioetanol előállítás anyagmérlege a következőképpen alakul: 100 kg kukoricából mintegy 33 kg bioetanol és 29 kg DDGS állítható elő. A folyamat mintegy 30 kg CO₂ felszabadulással jár (7. ábra).

7. ábra: A száraz őrléses eljárás anyagmérlege



Forrás: Nagy, 2007a

2.4.2. A nedves őrléses technológia jellemzése

A nedves őrléses technológia során kevesebb az egységnyi kukoricából előállított bioetanol mennyisége, mivel ebben az esetben 100 kg kukoricából körülbelül 29 kg az etanol kihozatal. A keletkező melléktermékek viszont (glutén, kukoricacsíra, kukoricahéj) külön-külön is rendkívül jól értékesíthetők. A DDGS-nél drágább melléktermékeket az élelmiszer- és a takarmány-előállítás területén hasznosítják. A két technológiai eljárás között a beruházási költségeknél is különbséget lehet tenni. A nedves őrléses etanol-előállítás beruházási költsége nagyobb, viszont az üzemeltetési ráfordítás kevesebb, mint a száraz őrléses technológiai változatnál (Hingyi et al., 2006). A nedves eljárás fő megkülönböztető jellemzője a száraz őrléses eljárástól az, hogy a kapott pép alkotóelemeit a fermentáció előtt szétválasztják. A nedves őrléses technológia esetében a gyártási sor legelején a kukoricát 24-48 órán át vízben és híg

kénsavban áztatják. A művelet során a kemény magokból kukoricapép keletkezik. Ezután a pépből kivonható a kukoricacsíra, amelyből később mechanikai préseléssel olajat állítanak elő, vagy önmagában értékesítik. Következő lépésként a maradék pépben található keményítő, glutén és rost elválasztását végzik. Speciális párologtató eszközökkel a nedvességet elpárologtatják. Így a kiszűrt kukorica-glutén a szárítás után dara formájában takarmányként értékesítik. Végül a pépben megmaradt keményítőből, a száraz őrléses módszerben ismertetett fermentációs eljárással etanol állítható elő. Ennél a folyamatnál az etanol képződése mellett már csak CO₂ keletkezik, WDGS típusú szeszmoslék nem.

2.4.3. Az elfolyósítás és elcukrosítás módja enzimek felhasználásával

Az élesztőgomba a kukorica tápszövetének keményítőjét nem tudja közvetlenül hasznosítani, ezért a keményítőt a fermentációt megelőzően egyszerű cukrokká kell lebontani. Ennek érdekében a péphez a főzés során enzimeket adnak. A legkorszerűbb, szabadalmaztatott technológiai eljárás (így a BPXTM) (www.poet.com) esetében a hozzáadott enzimeken kívül főzésre egyáltalán nincs szükség, ezáltal jelentősen csökkenthető a művelet energiaigénye. A régebbi típusú eljárásokban az enzimes kezelés első lépése a keményítő molekulák bontása alfa-amilázzal, gőz felhasználásával. A következő lépés glüko-amiláz hozzáadása az alacsony hőfokon fermentálható cukrok előállítása érdekében. A modernebb gyárak az adagolt főzést felváltották folyamatos főzési eljárásokkal. A folyamatos főzés energiahatékonyabb mint a szakaszos. Szakszerű alkalmazása esetén 8%-al több etanol előállítását teszi lehetővé. A régebbi technológiát alkalmazó üzemek az elfolyósítás során keményítő-szuszpenziót készítenek, amelyet 130-160 °C-ra melegítenek. Elősegítve ezzel a keményítő kioldódását és biztosítják a leendő keményítő-hidrolizátum sterilitását. A keményítő elfolyósítását egy rövid ideig tartó (néhány perc), magas hőfokú (~90-100 °C), alfa-amilázos hidrolízis (~0,5-2,0 kg enzim/1000 kg keményítő (pH ≈ 6,0) biztosítja). Annak nem kielégítő (kevés szabaddá váló redukzív láncvég), és a túlzott (túl rövid maltooligomer láncok) elfolyósítása hátrányosan befolyásolja a következő, elcukrosító lépést. Tekintettel arra, hogy a felhasznált enzimek igen drágák, ezen technológiai lépések mindenképpen alapos az eljárás optimalizációját igényeli. Az elfolyósított keményítőt a továbbiakban visszahűtik 60 °C-ra, majd *Aspergillus niger* által termelt

glükozamiláz (főképpen alfa-1,4 kötéseket hasító α -amiláz) és *Aerobacter aerogenes*-ből nyert pullulanáz (alfa-1,6 hidroláz), celluláz enzimek segítségével (pH $\approx$ 4,5, 0,03 % enzim, 48-60 óra) alakítják át nagy glükóztartalmú sziruppá, amit a későbbiekben élesztőgombával lehet etanollá alakítani (Erdei, 2011).

2.4.4. A fermentáció folyamata

A jóval korszerűtlenebb technológiai folyamatot alkalmazó gyárak a főzést követően a pépet lehűtik és átszállítják a fermentálóba. Ettől a lépéstől kezdve a gyártási folyamat a gyárakban megegyezik. Az általában alumíniumból gyártott fermentáló tartályokba töltött péphez élesztő gombát adnak. A *Saccharomyces cerevisiae* élesztőgombát elsősorban gyors, hatékony alkohol előállító, illetve hő, ozmózisnyomás és magas alkohol tartalommal szembeni ellenálló képessége miatt alkalmazzák (Erdei, 2011; Hans et al., 2010; Araque et al., 2008). A bioetanol-előállításnál napjainkban kezd elterjedni a *Kluyveromyces marxianus* és *Kluyveromyces lactis* törzsek használata (Melanie and John, 2010; Gustavo et al., 2008; Xuwu and Dongguang, 2008). A fermentációs folyamat *Saccharomyces cerevisiae* használatával általában 50-60 órát vesz igénybe. A folyamat célja a megfelelő időzítéssel a glükóz etanollá alakítása. A fermentáció során képződő szén-dioxidot több területen értékesítik, így az üdítő-ital iparban, a szárazjég gyártásnál, illetve egyéb ipari folyamatok során hasznosítják. A fermentáció során alapvetően két technológiai lehetőség ismeretes. A folyamatos és szakaszos („batch”) eljárás. Az első esetben folyamatos a tápoldat bevezetése és a terméklevétel. Az enzimmel kezelt és az élesztővel inokulált elfolyósított keményítő fermentorokon halad át, miközben a keményítő tartalom fokozatosan glükózzá, majd etanollá alakul át. A „batch”-fermentáció a folyadék fermentációk szakaszos üzem módja. A „fed-batch” fermentációs folyamat során egy koncentrált cukoroldatot juttatnak a tartályba, miközben a tenyészközegekben található cukrokat az élesztő etanollá alakítja át (Nasib et al., 2010). A „batch” tenyészetekben a mikrobák szaporodásában négy fázist lehet megkülönböztetni: „lag” (elmaradás) fázis, „log” (logaritmikus növekedés) fázis, „stationer” (összmenyiségében változatlan) fázis és pusztuló vagy elhalási fázis. A „batch” folyamat is lehet gazdaságos, ekkor a fermentációs idő körülbelül 2 napot vesz igénybe. A „batch” fermentáció során mind 30°C-os, mind a 40°C-os tenyészközegekben (Christensen et al., 2010) *Kluyveromyces marxianus* törzs használatával megközelítően 0,50 g etanol/g laktóz etanol kihozatal lehetséges. Az

élesztő gomba enzimei a glükózt glikolitikus úton bontják. Anaerob körülmények között piroszölősavvá, majd azt, biztosítandó a további glükóz oxidációhoz szükséges NAD^+ koenzim regenerálódását, NADH felhasználásával etanollá alakítják át a $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2 \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2 \text{CO}_2$ sztöchiometriának megfelelően. A folyamat kitermelése általában eléri az elméleti határérték (92 g etanol 180 g glükózból) 90-95%-át. Minden olyan körülmény, ami az élesztő biomassza növekedését elősegíti, hátrányos az etanol-kinyerésre, mivel ekkor a glükóz-szén sejtépítésre fordítódik (Gáspár et al., 2007). Ugyanakkor, minden tényező, ami a biomassza növekedését korlátozza, pl. szénforrás-limitáció (SSF technológia), növekvő alkohol koncentráció (sejtmembrán működési zavarok), kedvez az alkohol termelésnek. Az egyidejű szacharifikáció és fermentáció (SSF) során a *Kluyveromyces marxianus* jó etanol termelőnek bizonyult. Ezt a kutatók immobilizációs kísérletekben igazolták (Love et al., 1998; Singh et al., 1998). A sörélesztővel történő alkoholos erjesztés mindig szolgáltat kis mennyiségben fermentációs melléktermékeket, amelyek közül a glicerin a legjelentősebb. A glicerin ozmolegurátor anyag, ami különösen nagy szubsztrát (glükóz) koncentrációknál és nagy sejtnövekedési rátáknál szintetizálódik a legnagyobb mennyiségben a képződő etanolhoz viszonyítva. Jóllehet a glicerin iránti piaci kereslet megfelelő, a kitermelése, a bioetanol gyártás melléktermékeként nem gazdaságos. Az etanol tartalom növekedése a fermentációs közegben károsítja a sejt membrán rendszereit, s ezzel, bizonyos koncentrációt elérve, veszélyezteti az élesztőgomba-sejt tápanyag felvételét és homeosztázisát. A fermentációhoz felhasznált élesztő törzsek kiválasztásakor az egyik legfontosabb szempont a megfelelő alkohol-tűrőképesség. Általában elmondható, hogy alkohol jelenlétében a nagy etanol-toleranciával rendelkező törzsek membránjában növekszik a hosszú, telítetlen zsírsavak, pl. oleinsav és csökken a relatíve rövidebb láncú telített zsírsavak, pl. palmitinsav aránya. Az etanol/biomassza arány javítható az élesztősejtek szeparálásával és újrafelhasználásával („cell recycling”) (Roca and Olsson, 2002). Ehhez flokkuláló élesztő törzsek kiválasztása szükséges. Lehetséges viszont, hogy a sejtszeparáció és fenntartás folyamata jelen technológiai folyamatban nem annyira gazdaságos (Gi-Wook et al., 2009). Mivel a glükóz etanollá történő biokonverziója köztudottan exotermikus folyamat, a fermentorok hűtését a választott technológiától függően biztosítani kell. Az alkohol képződésre károsan ható hőmennyiség miatt, minden esetben, folyamatos hőmérséklet mérésre. Meghatározott hőmérséklet elérése esetén hűtésre és állandó keverésre van szükség a fermentáló tartályokban. A fermentációs folyamat alatt nagy mennyiségű CO_2 keletkezik, amelyet

felfogása esetén értékesíteni lehet, a gyárak többsége azonban a tartályokból a légkörbe engedi. Ritkán megvalósuló technológiai kivitelezés használatakor, az ekkor keletkező hő elvezetésével a bioetanol-gyártás melléktermékeinek (WDGS→DDGS) szárítására is felhasználható, gazdaságosabbá téve ezáltal a termelési folyamatot.

2.4.5. A desztilláció módja

Amikor a fermentáció folyamatnak vége, akkor a tartály aljában összegyűlő üledéktől az alkoholt desztilláció segítségével távolítják el (*Lindsey, 2010*).

Az alumínium tartályokból kikerülő körülbelül 10-20 %-ban etanolt tartalmazó fermentlevet, ún. „sört”, amely egyéb nem fermentálható szilárd anyagokat és élesztő sejteket tartalmaz, egy több desztillációs oszlopból álló, folyamatos működésű lepárlórendszeren vezetik át. A desztillációs rendszert eltérő magasságú, ún. „multikolonnás” oszlopok alkotják. A folyamat eredményeképpen a víztől és szilárd anyagoktól elválasztott, legmagasabbra nyúló desztillációs oszlopból kilépő etanol koncentrációja 95-96 %-ra növekszik. A visszamaradó, immár alkoholt nem tartalmazó fermentlevet, más néven szeszmoslékot (40-65 g per liter szervesanyag-tartalom), amely a többkolonnás rendszer alján halmozódik fel, összegyűjtik és a szeparálási folyamatban leírt módon dolgozzák fel. Lehetséges azonban a szirup és a szedimentum együttes szárítása is. Mindezek a fermentációs melléktermékek kiváló és jól hasznosítható állati takarmányok, de vissza is vezethetők a rendszerbe további energiatermelő folyamatok alapanyagaként, amelyekből a szárítás után a biomassza-tüzelésű kazánba vezetve, majd a gőzturbinába juttatva gőzt és áramot lehet előállítani. A technológiai folyamat teljes vízigénye igen nagy. Ez jelentősen lehet csökkenteni az alkoholmentes fermentlevelek bepárlásakor, szárításakor felszabaduló vízgőz kondenzációjával, illetve a technológiai folyamatba történő visszavezetéssel. A modern bioetanol üzemek vízkibocsátása csaknem nulla. Az üzem karbantartási időszaka során, amely az év 365 napjából általában mindössze 8-10 napot vesz igénybe, a gyár csővezetékeiben lévő teljes vízkészletet leengedik, kitisztítják és a fertőzések elkerülése miatt a későbbiekben nem hasznosítják újra. Ilyenkor ellenőrzik a csővezetékek, alkatrészek, monitorozó elektronikai szenzorok állapotát is. Szükség esetén javítják, illetőleg kicserélik azokat. Normális esetben a termelés ezt követően az év hátralévő részében folyamatosan, megszakítások nélkül zajlik tovább.

2.4.6. A szeparálás módja

A desztilláció során az etanolt a maradék pépben található szilárd anyagtól és víztől főzéssel szétválasztják. A lepárlás után fennmaradó szilárd és folyékony anyag az ún. „teljes cefre”. Ez a szeszmoslék rostot, olajat és a szemek fehérjekomponenseit, valamint meg nem erjedt keményítőt is tartalmazza. A már korábban is említett fertmentlé nagyon értékes a haszonállatok, köztük elsősorban a szarvasmarha, sertés, baromfi és halállomány takarmányozásához. A teljes cefrét értékesítése előtt feldolgozzák. Legelőször az ún. „sovány cefrét” centrifugával különválasztják az oldhatatlan szilárd részekről, majd az ún. „evaporáló”, más néven lepárló berendezéseken keresztülvezetik, hogy a felesleges víztől elválasszák. Az elpárolgó víz közvetlenül a légkörbe kerül. A lepárlás után keletkező sűrű, viszkózus szirupot csővezetéseken keresztül visszavezetik az evaporátorokból, létrehozva a WDGS takarmányt. A szavatossági idő növelése, a jobb kezelhetőség és a szállítási költségek csökkentése érdekében a WDGS-t általában 10-12%-os nedvességtartalmúra szárítják. Létrehozva a száraz, szemcsés szerkezetű takarmányt. A szárító rendszerben adott időintervallumon keresztül a WDGS mellékterméket 105-110 °C-os levegővel szárítják ki. Ez energiaigényes folyamat, amely a teljes energiafelhasználás körülbelül egyharmadát teszi ki. A szárító rendszerből kilépő páras, meleg levegőt csöveken keresztül a gyár kéményébe vezetik. A gyárkéménynek minden esetben rendelkeznie kell után-égető berendezéssel, amely a gyártási folyamat során „megszökő” környezeti szempontból káros GHG és egyéb gázokat magas hőfokon (800-900 °C) történő elégetéssel ártalmatlanítja, valamint a környezetbe bocsájtott kukorica-alkohol szagot is enyhíti. A szárítóban elpárolgott nedvesség és a káros gázok elégetése során keletkezett CO₂, a gyárkéményen keresztül távozik, amelyet egyes szemlélők tévesen füstnek gondolhatnak. A kukorica-szesz jellegzetes „illattal” rendelkezik, ami még lecsökkentett mértékben is zavaró lehet hosszú időn keresztül belélegezve. Emiatt az etanol gyárakat nagyobb települések közvetlen közelébe nem szerencsés telepíteni. Illetőleg tervezésükkor ajánlatos az uralkodó szélirányt is figyelembe venni, hogy lehetőleg ne a lakott területek irányába távozzon a kellemetlen szagú gőz.

2.4.7. A dehidratáció módja

Amennyiben az etanol nem közvetlenül 96%-os formában kerül felhasználásra, hanem azt benzinnel elegyítik (pl. E85, E10, stb.) akkor a víztartalmat 1% alá kell csökkenteni. A legmagasabb desztilláló oszlopból kilépő 95-96 %-os etanolt emiatt a dehidratációs rendszeren vezetik át. Ez a rendszer számos henger alakú oszlopból épül fel. Az etanol a csaknem teljes víztelenítés eléréséig az oszlopokban porózus szerkezetű molekulaszűrő anyagokon keresztül halad át. Erre a célra minden korszerű üzem zeolit-alapú molekulaszűrő rendszert alkalmaz.

2.4.8. A denaturálás módja

A folyamat végső lépésként, az ekkor már vízmentes bioetanolt általában 2-5 % (térfogat százalék) gázolajjal vagy benzinnel hígítják. Alkalmatlanná téve az emberi fogyasztásra, egyúttal könnyítve az adó terheket. Ezek után a termék csővezetékeken keresztül szállítható a benzintároló tartályokba vagy közvetlenül a felhasználási területre.

2.5. A kukorica hibridek elemzésének korszerű módszere az infravörös-közeli spektroszkópia (near-infrared reflection/transmittance; NIR/NIT) felhasználásával

A kukorica minőségi vizsgálataira kifejlesztett mérési módszerek közül a kukorica nedvességtartalmát és egyéb komponenseinek mennyiségét is pontosan meghatározó NIR és NIT műszerek használatát eredményes módszerként említi (*Győri és Győriné, 2002*). A bioetanol termelés fokozásának illetőleg gazdaságosságának javítása egyebek mellett olyan kukoricafajták alkalmazásával érhető el, amelyek erre a célra, elsősorban magas keményítőtartalmukkal, keményítőhozamukkal szolgálnak optimális alapanyagot. Ezen kukoricafajták kiválasztása korunk egyik technológiai kihívását képviseli. A leginkább kedvező kukorica hibridek kiválasztására gyors, korszerű és megbízható módszerként a közeli infravörös spektroszkópiái NIR/NIT módszer jelent meg a vizsgálati eljárások között, amely egyre nagyobb szerepet kap napjainkban mezőgazdasági és élelmiszeripari alapanyagok minősítésében. A vizsgálati

eljárás során gyors és lényegében roncsolás-mentes technológiával lehet a különböző gabona minták beltartalmi értékeit meghatározni. Jelenleg a közeli infravörös tartományt használó spektroszkópai technikák közül a reflexiós (near-infrared reflectance = NIR), és a transzmissziós (near-infrared transmittance = NIT) vizsgálati módszerek terjedtek el széles körben. Napjainkban egyre több munkacsoport foglalkozik a NIR/NIT technikáknak alkalmazásával biológiai rendszerek minőségi paramétereinek jellemzésére, köztük a kukorica vagy búza nedvesség-, keményítő-, olaj-, hektoliter-, illetőleg fehérjetartalmának a meghatározásához (Gergely, 2005).

Az infravörös spektroszkópia története:

Az infravörös spektroszkópia története Sir Issac Newton munkássága idején (1642-1727) kezdődött. Newton kimutatta az ablak zsaluin egy sötét szobába fénysugár útjába prizmat helyezve, hogy a fehér fényt különböző színek alkotják (Gergely, 2005). Közismert az a tény, hogy a prizma az ibolya színnek megfelelő tartományt hajlítja el leginkább, míg a vöröset legkevésbé. Ezt követően Sir Frederic William Herschel (1738-1822) a fehér fény egyéb, a látható tartományon kívüli komponenseinek létezését vetítette elő, amit az 1800-as évben egy kísérlet keretein belül igazolni is tudott. Egy prizma segítségével szivárványt vetített egy pad lapjára és megmérte, hogy a különböző színek mennyire melegítik fel azt. Ahogy a kék résztől a piros rész felé halad azt tapasztalta, hogy növekszik a pad hőmérséklete. Elérve a spektrum széléhez további hőmérséklet-növekedést figyelt meg. Későbbi mérései során megállapította, hogy a fény spektrumai közül a legnagyobb relatív fűtőértékkel rendelkező tartomány jóval a látható spektrumon kívül esik. Herschel felfedezése jelentő mérföldkő volt az elektromágneses spektroszkópia történetében. A közeli infravörös spektroszkópia 19. századi kísérleti célú felhasználása területén említést érdemel még Abney és Festing munkássága, akik elsőként rögzítettek NIR spektrumot fotográfias eljárással (Davis, 1998).

2.5.1. A közeli infravörös spektroszkópia alapjai

A közeli infravörös spektroszkópia az elektromágneses spektrum 800-2500 nm-es, úgynevezett közeli infravörös tartományát használja. A két mérési módszer (transzmisszió, reflexió) különböző hullámhossz tartományok érzékelésén alapul. Amíg a transzmissziós méréseknél általában a 800-1100 nm-es, addig a reflexiós méréseknél

az 1100-2500 nm közé eső hullámhossz spektrumot használják fel. Minden egyes molekula sajátosságát a különböző kémiai kötések hossza és egymással bezárt szöge alapvetően meghatározzák. Az eltérő felépítésű, szerkezetű molekulák rezgésének frekvenciája és energiája egy, csak az adott molekulára jellemző értéket vesz fel. Ezen diszkrét frekvencia és energiaszintek között lévő átmenet kiváltható gerjesztéssel. Ilyenkor a molekulára adott hullámhosszú sugárzást bocsájtanak ki. A sugárzás egy része eközben szóródik (reflexió) vagy elnyelődik (abszorpció) más része pedig áthalad a mintán (transzmisszió). Az infravörös spektroszkópai módszer esetében abból, hogy milyen hullámhosszak nyelődtek el, következtethetünk az anyag összetételére. (http://hu.wikipedia.org/wiki/K%C3%B6zeli_infrav%C3%B6r%C3%B6s_spektroszk%C3%B3pia)

2.5.2. A közeli infravörös készülékekről általában

A mérési elrendezés alapján transzmissziós és reflexiós berendezéseket különböztethetünk meg. A gabonafélék spektroszkópai elemzésére az előbbi elven alapuló eszközök gyakorlati bevezetését követően került sor. A transzmissziós mérés esetében a készülékből kibocsájtott fény meghatározott része áthatol a mintán, ennek köszönhetően a minta heterogenitásából eredő mérési pontatlanság is csökken. A transzmissziós mérési módszer inkább a nagyobb szemcséjű mintákról ad informatívabb színeképet. Amennyiben a minta részecskék mérete kicsi, akkor a róluk a sugárzás túl nagy hányada verődik vissza. Ilyenkor a detektorba nem jut vissza kellő mennyiségű energia a méréshez, jelentősen rontva ezáltal a jel/zaj arányt (Bázár, 2011). A minták rétegvastagságát minden esetben optimalizálni kell mielőtt megkezdénénk a mérését. Annak érdekében, hogy az elektromágneses sugárzás megfelelő mértékben áthatoljon a mintánkon és használható minőségű spektrumképet kapjunk, ajánlatos a nagyobb frekvenciatartományban (800-1100 nm) végezni a mérését. Abban az esetben, ha kisebb energiájú elektromágneses sugárzást használnánk, a kibocsájtott sugárzás nem lenne képes áthatolni az adott rétegvastagságon, így nem kapnánk megfelelő minőségű spektrumot sem.

A mintát érő beeső sugárzás intenzitása I_0 , míg a mintát elhagyó sugárzásé I_t . Az áthaladt és az eredeti fény intenzitásának aránya a transzmittancia (T), amely a következőképpen adható meg:

$$T = \frac{I_t}{I_0}$$

A transzmittancia nem lineárisan, hanem logaritmikusan változik a koncentrációval, így célszerűbb a transzmittancia negatív tízes alapú logaritmusát használni, amit abszorbanciának (A) nevezünk (Bázár, 2011):

$$A = -\lg T = \lg \frac{1}{T}$$

2.5.3. A közeli infravörös technika előnyeinek és hátrányainak leírása

Előnyök:

- A vizsgált minták főbb kémiai komponensein túlmenően lehetőség nyílik kisebb összetevők (pl. klorofill, pigment, rost), illetőleg fizikai jellemzők (pl. keménység, részecskeméret) mérésére is.
- A módszerrel a minta több összetevőjének egyidejű meghatározására nyílik lehetőség.
- A mérés időigénye kicsi. A minta állapotáról azonnal információt kaphatunk.
- A vizsgálat elvégzése roncsolás-mentes. Ennek megfelelően csak nagyon kis mértékben avatkozunk bele a mintában lejátszódó biokémiai folyamatokba. Ez lehetőséget teremt arra, hogy komplex biológiai rendszerekben zajló fiziológiai folyamatokat kövessünk nyomon.
- A minta-előkészítése (pl. a kukorica hibridek teljes szem vizsgálata) olyan mértékben egyszerűsödik a kémiai beltartalmi vizsgálatokkal szemben, hogy a mérés akár a mintavételt követően a betakarítás helyszínén is elvégezhető.

Hátrányok:

- A módszer minden esetben speciális kalibrációt igényel. A mérés pontossága teljes mértékben a kalibrációs adatok mérési pontosságától függ, ugyanis a közeli infravörös spektroszkópia összehasonlító technika, amely előre meghatározott statisztikai alapokon nyugszik. A mezőgazdasági alkalmazások során a legtöbb kalibrációs minta a természetből származik, ezért a különböző termények vizsgálatához különböző laboratóriumi körülmények között validált kalibráció szükséges (külön kalibrációs beállítás a búza, kukorica és egyéb termények vizsgálatához).
- A minta szemcsemérete, mint a mérést befolyásoló tényező, nem csak a NIR, hanem a NIT spektrumokra is hatással van.
- A több komponensű, szántóföldi természetből származó növényi minták spektrumai bonyolultak. Az ilyen minták vizsgálatánál gyakran előfordulhat, hogy valamelyik alkotóelem csoportrezgéseinek abszorbancia-maximuma megegyezik valamely másik alkotóéval, így az intenzitások arányától függően elfedhetik egymást, torzítva a kapott spektrumot (*Bázár, 2011; Gergely, 2005*).

2.6. A kukorica alapú bioetanol gyártás a gyakorlatban – Az Amerikai Egyesült Államokban szerzett tapasztalatok és az abból levonható következtetések rövid leírása

Az Amerikai Egyesült Államokban (USA) található dél-dakotai székhelyű POET[®] cég, amely jelenleg a világ legnagyobb bioetanol előállító vállalata, az USA kukoricatermesztő területén 27 etanol gyárat üzemeltet. Mivel az USA-ban engedélyezett a génmódosított növények termesztése és forgalmazása, az általuk alapanyagként leggyakrabban (összes alapanyag 85 %) használt kukoricafajta a „NO2 yellow” elnevezésű hibrid. Ezek a hibridek jobb aszály és kártevő rezisztenciával rendelkeznek, emiatt a termesztők egy része etanol előállítás céljából szívesen termesztik ennek a hibridnek a génmódosított változatát. A hibrid a génmódosított és természetes változata vegyesen kerül a gyárakba. A NO2 yellow hibrid szárazanyagra vonatkoztatott 70 %-os keményítőtartalma mellé az aszályos évek során is megbízható terméshozam párosul. Ez a két tényező évről évre, közel állandónak tekinthető hektáronkénti keményítőhozamot eredményez. A szárazabb és nedvesebb évek termése között

természetesen van különbség, viszont a hazai helyzetben tapasztaltaknál jóval enyhébb az ingadozás. Így ebben a térségben szinte garantálható az etanol-gyárak szempontjából oly fontos alapanyag megbízható és kiszámítható áron történő biztosítása. Ez a kedvező körülmény pozitív hatással van, a napjainkban is folyamatosan fejlődő amerikai etanol-termelésre. A számos amerikai termesztésben szereplő génmódosított és nem génmódosított hibrid közül tehát kedvező tulajdonságainak köszönhetően a legnagyobb arányban a NO2 yellow hibrid kerül ki az etanol-gyártás alapanyagául az USA számos államában, köztük tanulmányutam színhelyéül szolgáló Indiana államban is.

Tekintettel arra, hogy Magyarországon a génmódosított növénytermesztés nem engedélyezett, így a génmódosított kukorica alapú bioetanol termelési módszerek hazánkban nem kivitelezhetők. Ilyen módon fel kell tárni és optimalizálni kell a hagyományos feltételrendszerű növénytermesztésből származó kukorica alapú bioetanol gyártás lehetőségeit és körülményeit. Ennek elengedhetetlen feltétele a kukorica termesztés bioetanol gyártás specifikumait döntően befolyásoló tényezők kísérletes elemzése. Kiemelt fontosságot tulajdonítva az adott termőterület és a választott kukoricafajta jellemzőire, amely jelentősen befolyásolja a termesztett kukorica etanol termelést leginkább befolyásoló keményítő tartalmát.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérleti munkám során, a három év alatt összesen 21 termőterületről származó 512 kukorica hibrid beltartalmi tulajdonságait elemeztem Foss InfratechTM 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.

3.1. Kukorica hibridek beltartalmának meghatározása Foss InfratechTM 1241 Grain Analyzer mérőműszerrel

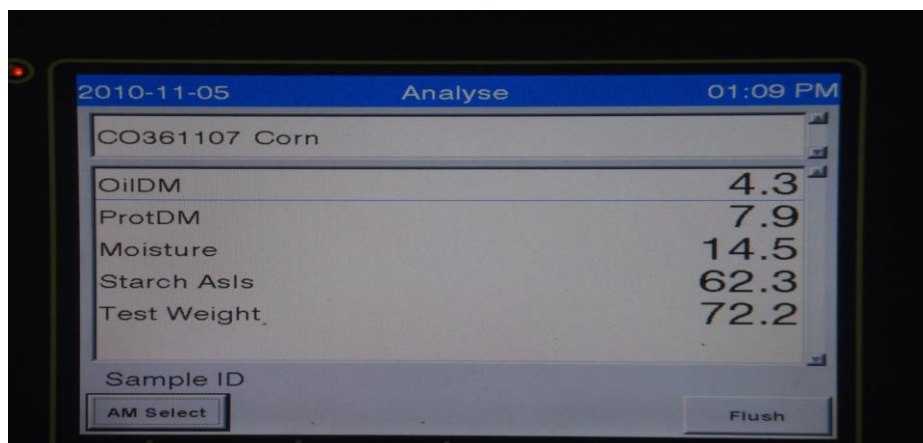
A beltartalmi vizsgálatok elvégzéséhez szükséges kukoricaminták a kukorica teljes érési fázisában a betakarítás előtt kerültek begyűjtésre a szántóföldi kísérlet során. A mintagyűjtés kézzel történő morzsolásos módszerrel történt, szabvány mintavételi zacskókba. A három év alatt a látóképi kísérleti telepről, a 9 kukorica hibridet tartalmazó kísérlet sorozatban hibridenként, az összes ismételéből 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™ 1241 Grain Analyzer (FOSS Tecator AB, Hoeganaes, Sweden) típusú terményanalizáló berendezéssel végeztem (8. ábra).

A berendezés főbb paraméterei a következők:

Az Infratec 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.

8. ábra: Infratec™ 1241 Grain Analyzer készülék kijelzőjén látható adatok



Forrás: saját felvétel a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centrum, Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet épületében működő készülékről

3.2. 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 (http://portal.agr.unideb.hu/kutatoiintezetek/dtti/szervezet/latokepi_kiserleti_telep/index.html). 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 Aranyféle 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 Víz tározó talajvízszint alakító hatásának.

A tartamkísérletben művelés alá vett talajszelvény szintjei:

A_{SZ} szint: 0-25 cm, barnásfekete színű, laza, morzsás szerkezetű vályog, nyirkos, növényi maradványokat tartalmaz.

A_I szint: 25-50 cm, barnásfekete, tömődött, morzsás szerkezetű vályog, nedves, szénsavas meszet nem tartalmaz, sósavval nem pezseg, egyenletesen humuszos, gilisztajáratokkal tarkított, átmenet a következő szintbe fokozatos.

B szint: 50-60 cm, barnásfekete, gyengén tömődött, morzsás szerkezetű vályog, nedves, humusztartalom a mélységgel fokozatosan csökken. Szénsavas mész a szint alján jelenik meg a szerkezeti elemek felületén szürke lepedék formájában. Sósavval gyengén pezseg. Gilisztajáratokkal tarkított.

BC szint: 60-90 cm, sárgásbarna, gyengén tömődött, nedves, szénsavas meszet tartalmaz. Sósavval erősen pezseg. Mészerek és mészkonkréciók is találhatóak. Krotovinákkal, gilisztajáratokkal tarkított.

C szint: 90 cm, színe sárga, sárgásbarna lösz, gyengén tömődött, agyagos vályog. Nedves, sósavval erősen pezseg. Mészkonkréciókat tartalmaz, krotovinákkal tarkított.

A talaj össznitrogén-tartalma 0,15%, ami közepes ellátottsági szintnek felel meg. A művelt réteg AL-oldható P_2O_5 tartalma a területen jelentős heterogenitást mutat, a 0-20 cm-es talajréteg átlagértéke (133 ppm) alapján közepesen ellátott. AL-oldható K_2O tartalma (240 ppm) alapján jó ellátottsági szintbe sorolható (Rátonyi, 1999). A kísérleti terület talajának fontosabb fizikai és kémiai tulajdonságait a 7. és 8. táblázatban tüntettem fel 1999-es forrás alapján. A terület talajának fizikai és kémiai tulajdonságai 2012-re csupán kismértékben változtak 1999-hez képest (9. táblázat).

7. táblázat: A kísérleti terület talajának fontosabb fizikai tulajdonságai

Mélység	Leiszapol -ható rész	Arany-féle kötöttségi szám	Higrosz- kóposság	Térfogat- tömeg	Pórus- térfogat	Minimális vízkapacitás	Holtvíz
cm	Li%	K_A	hy	g/cm^3	P%	$VK_{mintf\%}$	$HV_{tf\%}$
0-20	56,8	42	2,25	1,41	46,7	33,7	12,69
20-40	58,6	43	2,25	1,43	46	31,1	12,87
40-60	57,1	43	2,13	1,31	50,5	29,1	11,16
60-80	57,5	44	2,51	1,29	51,3	28,6	12,51
80-100	58,6	48	2,07	1,30	50,9	29,1	10,76
100-120	54,1	47	2,18	1,24	53,3	27,4	10,81
120-140	55,3	46	1,91	1,24	53,3	27,8	9,47

Forrás: Rátonyi Tamás, 1999.

8. táblázat: A kísérleti terület talajának fontosabb kémiai tulajdonságai

Mélység	Kémhatás		CaCO ₃	Humusz	Össz.N	AL-oldható	
cm	H ₂ O	KCl	%	%	%	P ₂ O ₅	K ₂ O
						ppm	
0-20	7,3	5,6	0	2,72	0,150	133,4	240
20-40	7,2	5,4	0	2,31	0,120	48,0	173,6
40-60	7,2	5,8	0	1,68	0,100	40,4	123,0
60-80	8,0	7,2	1,1	1,02	0,086	32,4	96,5
80-100	8,4	7,5	11,64	0,81	0,083	39,8	93,6
100-120	8,4	7,5	10,63	-	-	40,6	86,1
120-140	8,4	7,5	7,5	-	-	31,6	78,0

Forrás: Rátonyi Tamás, 1999

9. táblázat: Látóképi bővített talajvizsgálati jegyzőkönyv - részlet

Minta származási helye:	Debreceni Egyetem, Látókép	Debreceni Egyetem, Látókép	Debreceni Egyetem, Látókép
Minta típusa:	talaj	talaj	talaj
Vizsgált paraméterek	Mérési eredmények	Mérési eredmények	Mérési eredmények
Vevő azonosítója	Kísérlet "A"1	Kísérlet "B"1	Kontroll 1
Szint mélysége [cm]	25-30	25-30	25-30
Laborazonosító	12/8261	12/8262	12/8263
pH (KCl 1:2,5) [-]	6,22	6,28	6,43
Arany-féle kötöttségi szám [K _A]	46	45	43
Vízben oldható összes só [m/m%]	0,05	0,04	<0,02
Szénsavas mész [m/m%]	<0,1	<0,1	<0,1
Humusz [m/m%]	2,17	2,27	2,22
Nitrit+nitrát-nitrogén (NO ₃ ⁻ -N+NO ₂ ⁻ -N) (kálium-klorid oldható) [mg/kg]	28,0	23,7	10,1
Kén (SO ₄ ²⁻ -S) (kálium-klorid oldható) [mg/kg]	1,9	3,4	4,4
Magnézium (Mg) (kálium-klorid oldható) [mg/kg]	350	346	371
Foszfor-pentoxid (P ₂ O ₅) (ammónium-laktát oldható) [mg/kg]	33	40	38
Kálium-oxid (K ₂ O) (ammónium-laktát oldható) [mg/kg]	148	154	146
Nátrium (Na) (ammónium-laktát oldható) [mg/kg]	23	24	24
Cink (Zn) (kálium-kloridos EDTA oldható) [mg/kg]	1,1	1,1	1,1
Réz (Cu) (kálium-kloridos EDTA oldható) [mg/kg]	3,6	3,6	3,6
Mangán (Mn) (kálium-kloridos EDTA oldható) [mg/kg]	404	414	415
pH (H ₂ O 1:2,5) [-]			
Hidrolitos aciditás [y ₁]			
Szódában kifejezett fenoltalein lúgosság [m/m%]			
Debrecen, 2012.05.21.			

Forrás: HL-Lab Talajvizsgáló Laboratórium, 2012

3.3. Multifaktoriális kisparcellás tartamkísérlet kezelései

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 (Ö₁) és nem öntözött (Ö₂) kategóriákra terjedt ki. A műtrágyakezeléseket három típusra bontottam. 1. típus: N 0 kg/ha P₂O₅ 0 kg/ha K₂O 0 kg/ha, vagyis műtrágyázatlan/kontrol, 2. típus: N 120 kg/ha P₂O₅ 90 kg/ha K₂O 106 kg/ha műtrágyakezelésben részesült, míg a 3. típus: N 240 kg/ha P₂O₅ 180 kg/ha K₂O 212 kg/ha műtrágya kihelyezését jelenti. (A felsorolt műtrágyamennyiségek hatóanyag mennyiségeket jelentenek).

3.4. A 2007-, 2008-, 2009-es évek szántóföldi kísérleteinek agrotechnológiai leírása

NPK műtrágyázás az adott éveket megelőzően ősszel, a már ismertetett dózissal október 15-20 között történt. Az eredményes kukoricatermesztéshez szükséges talajművelési kezelések mindhárom évben (2007-2009) a következők voltak:

- tarlóhántás,
- szántás,
- szántáselmunkálás,
- magágy-készítés,
- növényápolás.

A szükséges növényvédelmi beavatkozások, amelyek közül a talajfertőtlenítés és a gyomirtás bír kiemelkedő jelentőséggel, mindhárom évben megtörténtek. Talajfertőtlenítéshez a Force 1,5 G-t használták, amelyet 14 kg/ha dózisban jutattak ki a kisparcellás kísérlet területén a vetést megelőzően. A gyomirtáshoz Guardian Tetra

herbicidet használtak 4,5 liter/ha dózissal. A vetés időpontja 2007-, 2008- és 2009-ben egyaránt április közepén történt. A betakarítás októberi időpontját évenként a tárgyévre jellemző időjárási és talajviszonyok határozták meg.

Multifaktoriális kisparcellás tartamkísérlet kezeléseinek jelölései

Talajművelési változat: A= őszi szántás (27 cm)
 B= tavaszi szántás (23 cm)
 C= tavaszi tárcsás sekélyművelés (12 cm)

Öntözési változat: $\ddot{O}_1$ = öntözött
 $\ddot{O}_2$ = nem öntözött

Műtrágyakezelés: 1. N 0 kg/ha P_2O_5 0 kg/ha K_2O 0 kg/ha
 2. N 120 kg/ha P_2O_5 90 kg/ha K_2O 106 kg/ha
 3. N 240 kg/ha P_2O_5 180 kg/ha K_2O 212 kg/ha

Az NPK műtrágya dóziskísérletek minden esetben műtrágyázás nélküli kontroll mellett történtek. 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 m²-es területet foglal el, amely öntözött és öntöztelen változatokra van felosztva.

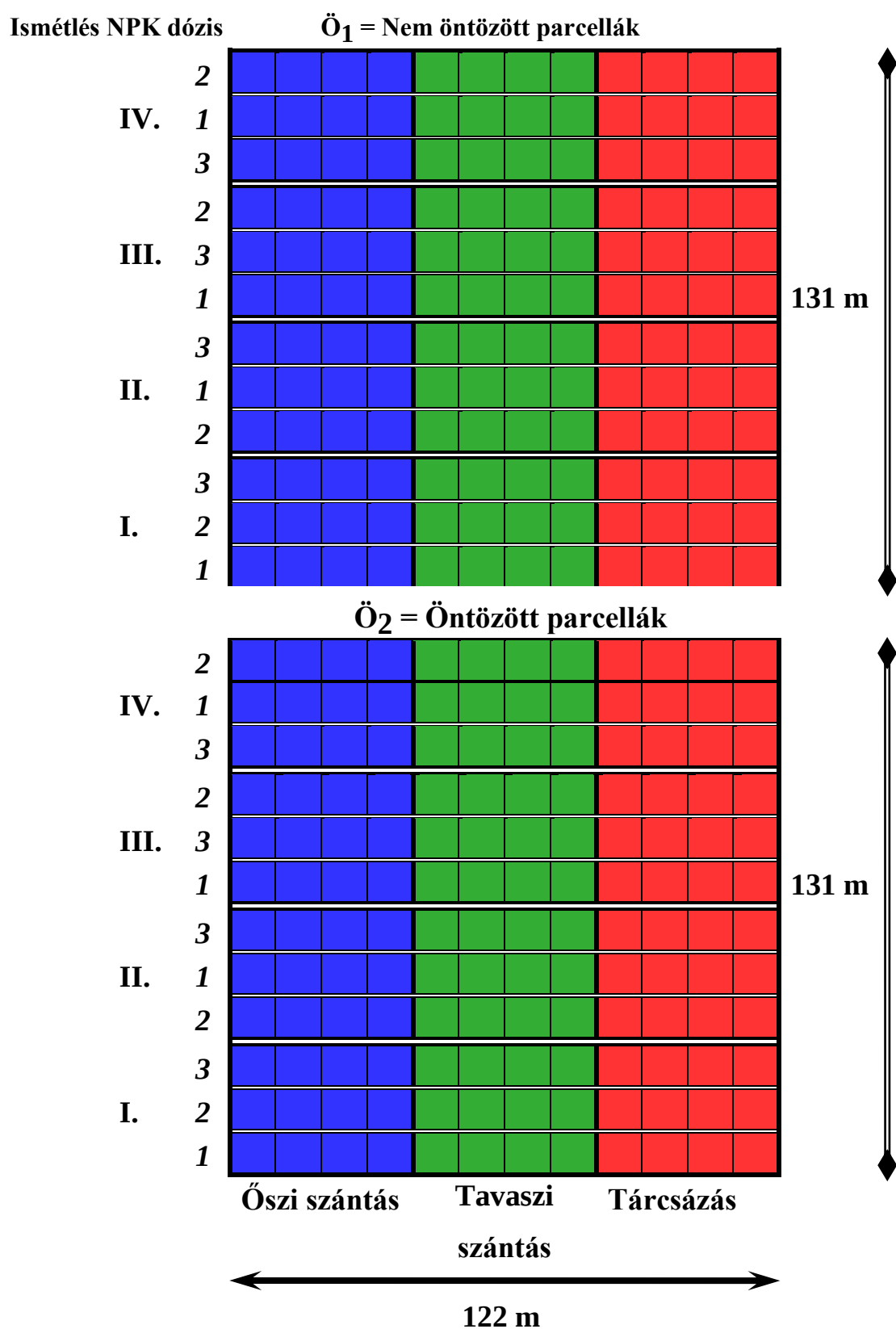
A kisparcellás multifaktoriális kísérletek során vizsgált kukorica hibrideket a 10. táblázatban, a kísérletes elrendezést a 9. ábrán tüntettem fel.

10. táblázat: Kukorica hibridek a kísérlet éveiben

Év	Hibrid		
2007	MV Tarján	MV Koppány	DKC 4005
2008	DKC 4005	ED5110	Kamaria
2009	P9400	DKC 5276	Kamaria

Az egy-egy hibriddel beállított főparcella mérete: 2688 m²-es, a műtrágyakezelések parcellája 336 m²-es volt. Egy parcella nettó alapterülete 15 m²-nek felelt meg. A 10. ábrán a kísérleti minták kombájjal történő betakarítása látható.

9. ábra: A multifaktoriális talajművelési tartamkísérlet elrendezése



10. ábra: Kisparcellás kísérletben szereplő hibridek betakarítása kétsoros kombájnnal



Forrás: DE AGTC Látóképi Kísérleti Telep 2010

3.5. A kísérleti évek időjárása

A Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centrumának a Látóképi Kísérleti Telepén földfelszíni automata-mérő és adatgyűjtő meteorológiai állomás rögzítette az időjárási adatokat. A berendezés havi felbontásban rögzítette a lehullott csapadék mennyiségét (mm), a hőmérsékletet (°C) és a napfénytartamot (h). A rögzített adatokat összevethetők az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) 50 éves adatsoraival, így az eltérés mértéke is megadható.

A 2007-es év időjárási adatait nézve elmondható, hogy a kukoricatermesztés szempontjából igen kedvezőtlenül alakult, mivel az ötven éves átlaghoz viszonyítva az év elejétől júniusig az időjárás rendkívül súlyosan aszályos volt. Az év első hat hónapjában a csapadék mennyisége nem érte el az ötven éves átlagot. A havi középhőmérséklet a február kivételével rendre melegebb volt, mint az 50 éves átlagban feljegyzett középhőmérsékleti viszonyok. 2007 márciusában 14 mm csapadék hullott, ami az ötven éves átlagtól (34 mm) 20 mm-rel kevesebb volt (11. táblázat). A március hónap tehát ilyen szempontból aszályosnak tekinthető, ami nem kedvezett a kukorica kelésének. A havi középhőmérséklet 9,1 °C volt. Ez a hónap 4,1 °C-al volt melegebb az ötven éves átlagnál (5 °C). 2007 áprilisában 3,6 mm csapadék hullott, ami jelentősen kevesebb volt (-41,4 mm) az ötven éves átlagnál. A havi középhőmérséklet 12,6 °C

volt, ami kevéssel (1,9 °C) tért el az ötven éves (10,7 °C) átlagtól. Ez a hónap tehát aszályos és meleg volt, ami a kevés csapadék miatt nem kedvezett a kukorica kelésének. Májusban 54 mm csapadék hullott, ami 5 mm-el volt csak kevesebb az 50 éves átlagnál. A havi középhőmérséklet 18,4 °C volt csak 1,9 °C-al volt melegebb az 50 éves átlagnál, így elmondható, hogy a május az évszakhoz mérten melegebb és szárazabb volt. Júniusban a meleg és száraz időjárás folytatódását figyeltem meg, mivel az ötven éves átlagtól 69 mm (46,2 mm-el volt kevesebb) a csapadék és a hőmérséklet is 4,2 °C-al meghaladta a 19,1 °C-os ötven éves átlagot. Június volt a legkedvezőtlenebb időszak a maga 22,8 mm-es csapadékmennyiségével és meleg időjárásával. Júliusban maradt az aszályos időjárás a 39,7 mm-es lehullott csapadékmennyiséggel, amely jelentősen, 21,3 mm-el elmaradt a 61mm-es 50 éves átlagtól. Havi középhőmérsékletét tekintve jobban illeszkedett a sokéves tendenciához, mivel 1 °C-al volt csak melegebb, mint a 21,2 °C-os ötven éves átlag. Ez az időjárás sem volt kedvező a kukoricának. 2007 augusztusában már kedvezőbben alakult az időjárás a kukoricára nézve, mivel 17,6 mm-el több eső hullott, mint a 60 mm-es sokéves átlag, valamint a havi középhőmérséklet 2 °C-al meghaladta az ugyanezen hónapban korábban feljegyzett átlagot. Szeptember körülményeit tekintve a + 40,1 mm-es csapadéktöbblettel összesen 86,1 mm csapadék hullott. A havi középhőmérséklet 14,0 °C volt. Ez 1,9 °C-al hidegebb, mint az 50 éves átlaghőmérséklet. Az október csapadékosabb (+ 18,4 mm), de hidegebb (-0,6 °C) volt a sokéves átlagnál. A táblázatokból (11. és 12. táblázat) jól látható, hogy 2007-ben a 12 hónap alatt kevesebb csapadék hullott összesen (517 mm), mint a 2008-as év 9 hónapos (január-október) időszaka folyamán (557 mm). Ez a csapadékelátottság területén tapasztalható különbség 2008 javára jelentős eltérést okozott a két vizsgálati év kukorica hibridjeinek termés hozamaiban.

A 2008-as év időjárása a kukorica számára kedvezőbben alakult, mint az előző, 2007-es aszályos és forró év. Összességében csapadékosabb időjárást mértek a földfelszíni meteorológiai műszerek. Ezzel összefüggésben a havi középhőmérsékleti adatok és a napfénytartam is épphogy meghaladta az 50 éves átlagot. A 2008-as év áprilisa csapadékosabb és melegebb volt az ötven éves átlagnál, ugyanis ebben a hónapban 75 mm csapadék hullott, ami 30 mm-el haladta meg az 50 éves átlagot (45 mm) (12. táblázat). A műszerek 11,4 °C-os havi középhőmérsékletet mértek, ami 0,7 °C-al nagyobb. Ez az időjárás a hazai viszonyok mellett a kukoricatermesztés szempontjából kedvező volt. A májusi időjárás kissé szárazabb volt, tekintettel az ezen

a területen mért ötven éves átlagos csapadékmennyiségre. Ekkor a lehullott 47 mm csapadék, 12 mm-el volt kevesebb, mint az 59 mm-es sokéves átlag. Ugyanezen év május havi középhőmérséklete (16,8 °C) gyakorlatilag megegyezett a 16,5 °C-os 50 éves átlaggal. A június, a meleg és csapadékos időjárásával kedvezett a kukoricatermés hozamának, mivel 72 mm-el és 1,5 °C-al meghaladta a sokéves átlagot. Július hónapban sok volt a csapadék (+84 mm), de valamivel hidegebb volt a havi középhőmérséklet (-0,8 °C) az ötven éves átlaghoz vonatkoztatva, így megállapítható, hogy az e havi időjárás is jótékonyan befolyásolta a kukorica növekedését. A 2008-as év szeptemberében kevesebb volt a mért csapadék (34 mm), mint az ötven éves átlag (60 mm), itt a különbség -26 mm volt. A havi középhőmérséklet csak 0,3 °C-al volt melegebb, mint a sokéves átlag.

A 2009-es év időjárása a kukorica tenyészidőszakában (április-szeptember) szárazabb volt, mint az 50 éves átlag. A hét hónap alatt a Látóképi Kísérleti telep földfelszíni meteorológiai berendezéseinek mérései szerint összesen 169 mm csapadék hullott (13. táblázat). Ez 171 mm-el maradt el az 50 éves átlagtól (340 mm). 2009 áprilisa során összesen 4 nap leforgása alatt csak 9,9 mm eső esett, ez 35 mm-el volt kevesebb a sokéves átlagtól. A május is szárazabb volt, mint az átlagos években, ugyanis az átlagos 59 mm helyett mindössze 20,3 mm volt a csapadék. 2009 júniusában az időjárás megváltozott. Az 50 éves átlagnál (69 mm) 28 mm-el több, összesen 97 mm csapadék hullott. A júniusi csapadék bőséges volt. A meleg időjárás pedig kedvezően hatott a kukorica fejlődésére. A július ezzel szemben melegebb, napsütésben jóval gazdagabb és jelentősen szárazabb volt. Az e hónap 4 esős napja alatt összesen lehullott 9,4 mm csapadék 52 mm-el volt kevesebb, mint a sokéves átlag (69 mm). Az augusztus hónap is szárazabb volt, mint az e hónapra az ötvenéves időjárási sorból számított átlag. A lehullott 11,3 mm, 49 mm-el volt kevesebb, mint az ilyenkor szokásos (60 mm). A műszerek 2009 szeptemberében is kevesebb csapadékot mértek (összesen 21,7 mm) az ötvenéves átlagnál (46 mm). A 2009-es csapadékelátottságát elemezve megállapítható, hogy jóllehet a kukorica tenyészideje alatt összesen kevesebb csapadék hullott, mint az ötvenéves átlag, ugyanakkor annak eloszlása (a csapadékban gazdag június) és a havi átlagoktól való csekély eltérés miatt nem jelentkezett akkora aszálykár a kukorica termésében, mint a 2007-ben. Ezt a megállapítást az egyes években mért termés adatok összehasonlítása is bizonyítja.

11. táblázat: A 2007-es év időjárásának adatai

Hónap	Csapadék	50 éves átlag	Eltérés	Hőmér- séklet	50 éves átlag	Eltérés	Napfény- tartam	50 éves átlag	Eltérés
	(mm)			(°C)			(óra)		
I.	23,9	32	-8,1	3,7	-2,6	6,3	82,9	64	18,9
II.	53,2	32	21,2	-4,1	-0,6	4,7	60,5	89	-28,5
III.	14,0	34	-20,0	9,1	5,0	4,1	185,5	146	39,5
IV.	3,6	45	-41,4	12,6	10,7	1,9	313,2	189	124,2
V.	54,0	59	-5,0	18,4	16,5	1,9	255,5	262	-6,5
VI.	22,8	69	-46,2	23,3	19,1	4,2	347,1	249	98,1
VII.	39,7	61	-21,3	22,2	21,2	1,0	314,1	280	34,1
VIII.	77,6	60	17,6	22,3	20,3	2,0	286,4	257	29,4
IX.	86,1	46	40,1	14,0	15,9	-1,9	212,6	214	-1,4
X.	71,4	53	18,4	9,7	10,3	-0,6	133,5	153	-19,5
XI.	40,9	51,0	-10,1	3,5	4,5	-1,0	118,9	71,0	47,9
XII.	29,8	41,0	-11,2	-0,6	0,0	-0,6	39,9	45,0	-5,1
Összes	517,0	583,0	-66,0	11,9	10,0	1,8	2350,1	2019,0	331,1

Forrás: Az AGTC Látóképi Kísérleti Telepén működő földfelszíni telepítésű automata meteorológiai műszerének mérési eredményei

12. táblázat: A 2008-as év időjárásának adatai

Hónap	Csapadék	50 éves átlag	Eltérés	Hőmér- séklet	50 éves átlag	Eltérés	Napfény- tartam	50 éves átlag	Eltérés
	(mm)			(°C)			(óra)		
I.	26	32	-6	1	-2,6	3,6	85,2	64	21,2
II.	5	32	-27	3	-0,6	3,6	136,3	89	47,3
III.	42	34	8	6,2	5,0	1,2	139,2	146	-6,8
IV.	75	45	30	11,4	10,7	0,7	181,3	189	-7,7
V.	47	59	-12	16,8	16,5	0,3	291,5	262	29,5
VI.	141	69	72	20,6	19,1	1,5	264,3	249	15,3
VII.	145	61	84	20,4	21,2	-0,8	291,8	280	11,8
VIII.	34	60	-26	20,6	20,3	0,3	342,9	257	85,9
IX.	42	46	-4	14,8	15,9	-1,1	172,1	214	-41,9
Összes	557	438	119	12,8	11,7	1,0	1904,6	1750	154,6

Forrás: Az AGTC Látóképi Kísérleti Telepén működő földfelszíni telepítésű automata meteorológiai műszerének mérési eredményei

**13. táblázat: A lehullott csapadék mennyisége és eloszlása a 2009-es év
tenyészidőszakában (április-szeptember)**

Napok		Ápr. (mm)	Máj. (mm)	Jún. (mm)	Júl. (mm)	Aug. (mm)	Szept. (mm)	Össz. (mm)
1				3,1				3,1
2								
3								
4								
5					7,8	7,4	5,5	20,7
6				2,9				2,9
7					0,5			0,5
8				5,4				5,4
9								
10								
11			1,6	7,2				8,8
12				24,6				24,6
13								
14						0,7	15,2	15,9
15								
16								
17		1,5						1,5
18		0,4					1	1,4
19					0,5			0,5
20				14				14
21				6,6				6,6
22				17,3				17,3
23		7,5	0,4	12,8		2,5		23,2
24						0,7		0,7
25				1,9	0,6			2,5
26				0,8				0,8
27								
28								
29			3,7					3,7
30		0,5	0,9					1,4
31			13,7					13,7
Összesen (mm)		9,9	20,3	96,6	9,4	11,3	21,7	169
50 éves átlag (mm)		45	59	69	61	60	46	340
Eltérés (mm)		-35	-39	28	-52	-49	-24	-171

*Forrás: Az AGTC Látóképi Kísérleti Telepén működő földfelszíni telepítésű automata meteorológiai
műszerének mérési eredményei*

3.6. A kukorica hibridek kódolása

Az egyes hibridekhez tartozó beltartalmi érték a nemesítő házak hozzájárulása nélkül nem publikálható, emiatt a diagramokon a 2007-es és 2008-as kísérleti évek során vizsgált különböző fajtájú hibrideket kóddal láttam el. A Látóképi Kísérleti Telepről származó kukorica hibridek összehasonlítását is elvégeztem, de tekintettel arra, hogy az egyes hibridek különböző beltartalmi értékeikről pontos mennyiségi adatokat nem tüntettem fel a dolgozatomban, így ezeket a hibrideket kódnévvel nem láttam el.

- 2007-es év kódjai: DE1-DE106, a Látóképi Kísérleti Telepről gyűjtött minták a saját nevükön szerepelnek,
- 2008-as év kódjai: AGTC1-AGTC40, a Látóképi Kísérleti Telepről gyűjtött minták a saját nevükön szerepelnek,
- 2009-ben csak a Látóképi Kísérleti Telep területéről 3 hibrid mintát gyűjtöttem be. A hibrideket a nemesítő házak által adott saját nevükön szerepeltetem.

3.7. A minták beltartalmi értékeinek kiértékelése

A három év során begyűjtött, eltérő nedvességtartalommal rendelkező kukorica-hibridek összehasonlíthatósága miatt a különböző fajták szárazanyagra vonatkoztatott keményítőtartalmát kellett meghatároznom. Ez az adat, amelyet relatív keményítőtartalomnak is szoktak nevezni, teszi lehetővé az eltérő nedvességtartalmú hibridek összehasonlíthatóságát, amelyet a következő képlettel lehet kiszámítani:

$$\text{Relatív keményítőtartalom} = ((100/(100-A) \times B))$$

A = a mérés során kapott pillanatnyi nedvességtartalom,

B = az adott nedvességtartalmú minta spektroszkópai mérés szerinti keményítőtartalma
2007-ben 6 különböző termőterületen (*Hajdúdorog, Szentmártonkáta, Jászkisér, Hajdúböszörmény, Biharkeresztes, Zsámbok*) termesztett 106 hibridet vizsgáltam. Az eltérő földrajzi fekvésű termőföldekről összesen 106 kukorica mintát vizsgáltam meg. A

2007-ben kísérleti év alatt a 6 különböző termőhelyről sikerült 4 olyan kukorica hibridet begyűjteni, amelyek, rendre öt vagy annál több helyen termesztettek. Ilyen módon lehetőségem nyílt az azonos genotípusú kukorica fajták azonos évben termett 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 hibridek adatait hasonlítottam össze egymással.

2008-ban ugyanazzal az infravörös spektroszkópia módszerrel 12 különböző termőterület (*Bakonszeg, Nádudvar, Földes, Hajdúböszörmény, Abony, Cegléd, Poroszló, Tiszaszőlős, Hort, Hosszúpályi, Biharkeresztes és Létavértes*) termőterület szántóföldjeiről 145 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-el kódolt azonos genotípusú kukorica hibrid mintáit illetően. 2008-ban 8 eltérő földrajzi fekvésű termőterületről gyűjtöttem be és vizsgáltam meg és hasonlítottam össze ennek a fajtának az adatait.

Az egymást követő két vizsgálati évben (2007-2008) 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 hasonlítani. A hosszú időjárási 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) külterületén található szántóföldről 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 hatását kutattam.

3.8. Az adatok kiértékelésének statisztikai módszere

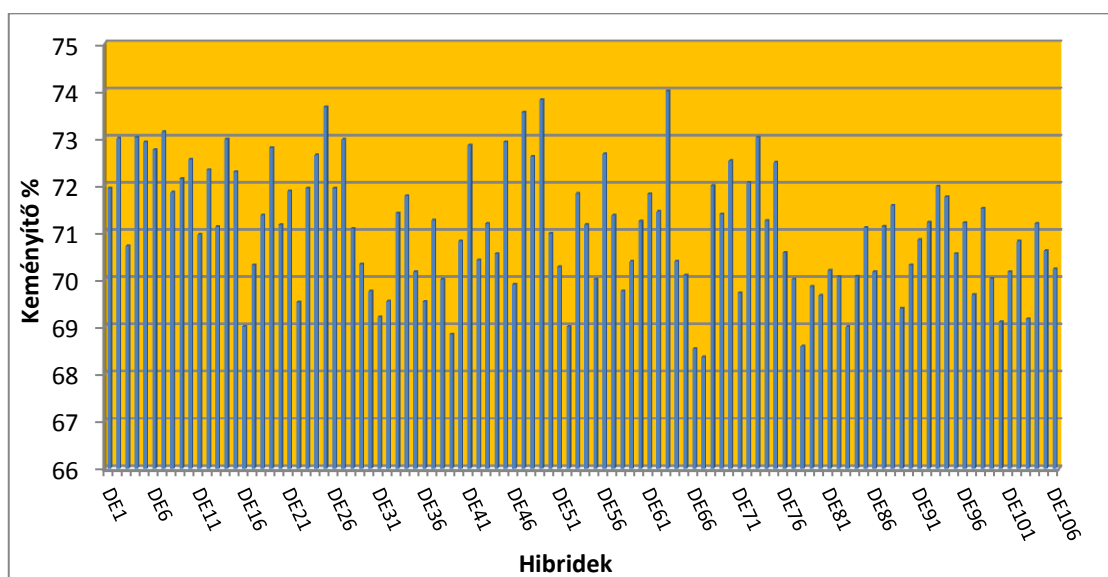
A mért adatok kiértékelését az SPSS for Windows 17.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) statisztikai programmal végeztem. Kolmogorov-Smirnov próba használatával határoztam meg a folytonos adataim eloszlását. A Gaussi (normál) eloszlású adataim összehasonlítását Independent-Samples T próbával végeztem el és a nem-Gaussi (nem-normál) 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.

4. EREDMÉNYEK

4.1. 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.

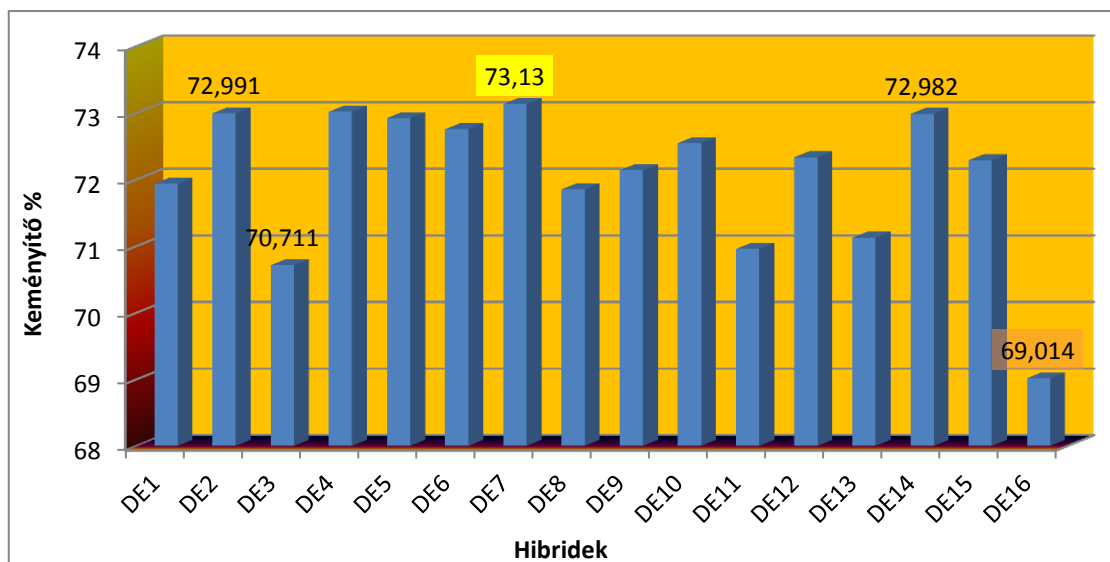
11. ábra: A kukorica hibridek 106 termésmintájának szárazanyagra vonatkoztatott relatív keményítőtartalma, 2007-ben



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 kukorica fajta Zsámbokon termett. A különbség 5,6 % volt

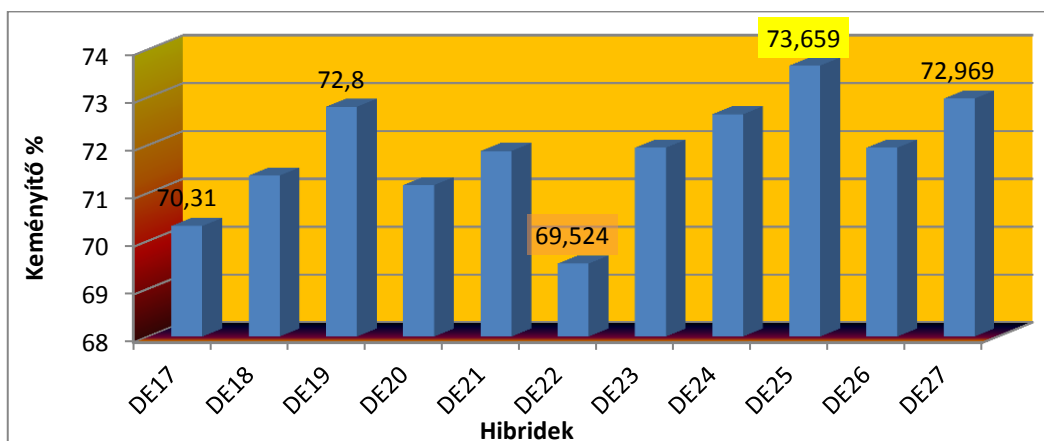
a maximum és minimum között A 11. ábrán láthatók a kutatásban szereplő összes hibrid keményítő tartalmának vizsgálati eredményei.

12. ábra: A kukorica hibridek szemtermésének relatív keményítőtartalma 2007-ben, Hajdúdorog



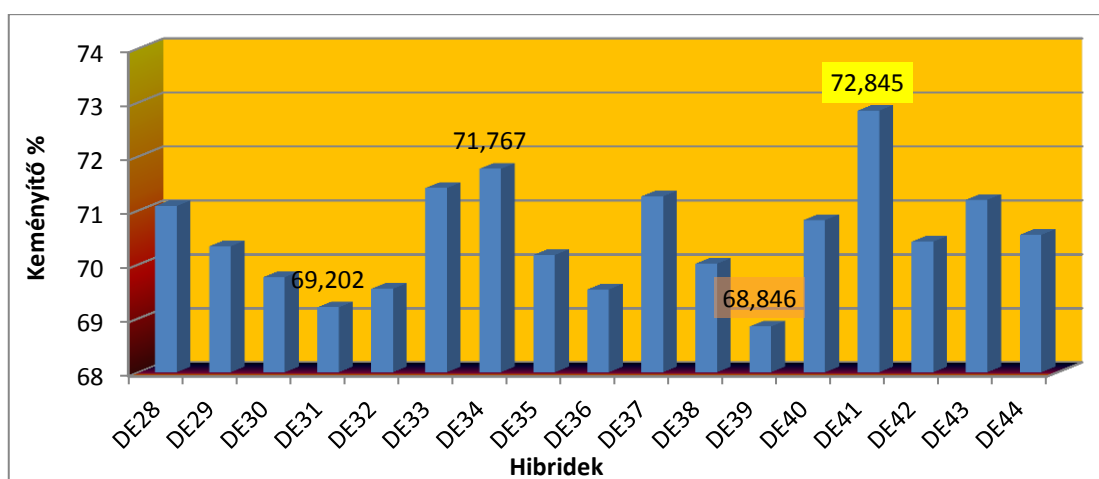
A Hajdúdorogon termesztett 16 kukorica hibrid szárazanyagra vonatkoztatott keményítőtartalma a 12. ábrán látható. A legnagyobb keményítőtartalmú hibrid a DE7-es, amelynek keményítőtartalma 73,1 % volt. A legalacsonyabb keményítőtartalmú minta a DE16-os volt, a maga 69 %-nyi relatív keményítőtartalmával. A két hibrid keményítőtartalma közötti különbség 4,1 %. A hibridek átlagos keményítőtartalma Hajdúdorogon a 2007-es aszályos évben 72 %-nak bizonyult.

13. ábra: A kukorica hibridek szemtermésének relatív keményítőtartalma 2007-ben, Szentmártonkáta



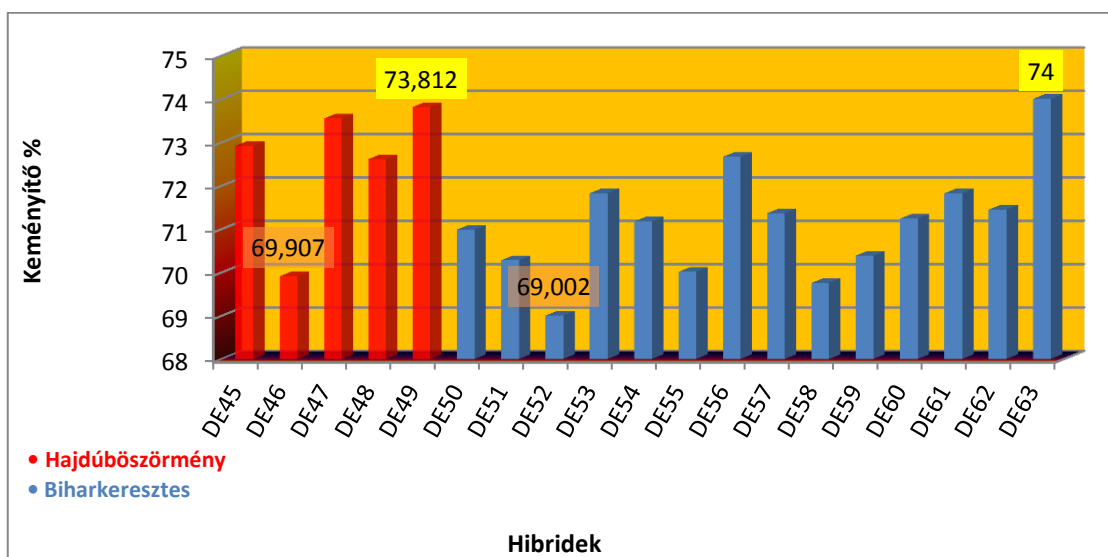
A 2007-es év során 11 különféle genotípusú kukorica hibridből származó mintát gyűjtöttem be Szentmártonkátai szántóföldekről (13. ábra). A infravörös spektroszkópiás NIT vizsgálat során kiértékelt adatok közül a DE25-ös kóddal ellátott minta rendelkezett a legmagasabb (73,7 %) keményítőtartalommal. A legalacsonyabb keményítőtartalmúnak a DE22-es hibrid bizonyult, amelynek mindössze 69,5 %-os volt a relatív keményítőtartalma. A különbség a maximum és a minimum között ebben az esetben 4,1 % volt. A begyűjtött minták nedvességtartalma a *Foss Infratech Grain Analyzer* mérési módszer szerint 13,1 % - 14,2 % közé esett. Az eltérő nedvességtartalmú minta összehasonlíthatósága érdekében rendre minden mintánál megtörtént a szárazanyagra vonatkoztatott keményítőtartalom kiszámítása. Az itt termelt hibridek átlagos relatív keményítőtartalma 71,8 % volt 2007-ben.

14. ábra: A kukorica hibridek szemtermésének relatív keményítőtartalma 2007-ben, Jászkisér



A DE28-DE44 jelekkel kódolt hibrideket 2007-ben *Jászkisérről* takarították be. A 17 eltérő genotípusú hibrid közül a 72,8 %-ban keményítőt tartalmazó DE41 adata volt a legkedvezőbb (14. ábra). Ezzel szemben a DE 39-es hibrid csak 68,8 %-os relatív keményítőtartalmúnak bizonyult. A különbség a legmagasabb és legalacsonyabb keményítőtartalmú két hibrid keményítőtartalma között mintegy 4 %-ot tett ki. A Jászkiséren 2007-ben termesztett kukorica hibrid fajták átlagos keményítőtartalma 70,5 % volt. Az eltérés az átlag és a maximum között 2,3 %-osnak mutatkozott.

15. ábra: A kukorica hibridek szemtermésének relatív keményítőtartalma 2007, Hajdúböszörmény és Biharkeresztes

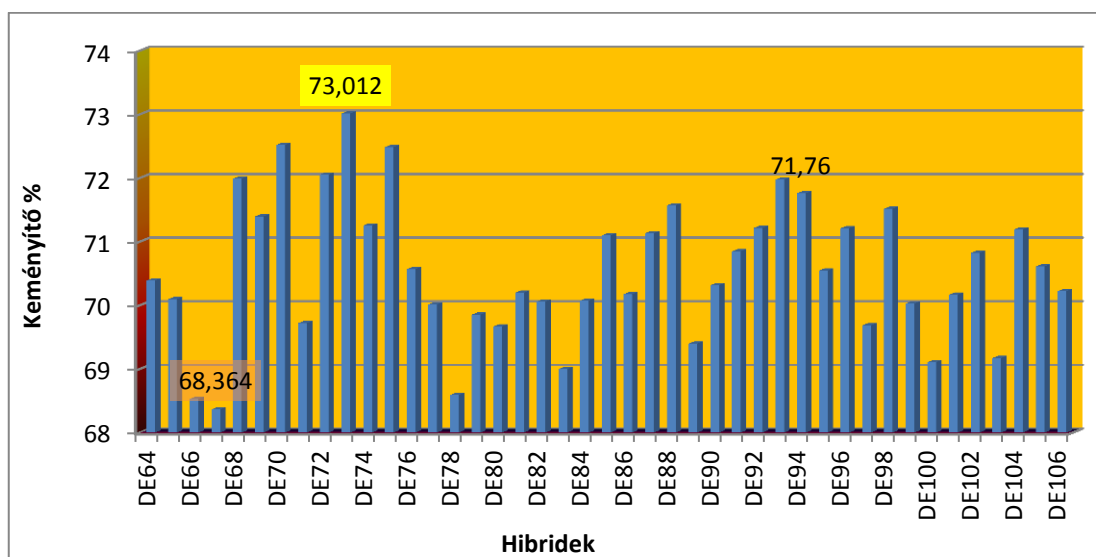


A 2007-ben rendelkezésemre álló kukorica hibridek közül összesen 5 eltérő fajtájú hibrid származott hajdúböszörményi szántóföldről, és 14 hibrid a biharkeresztesi szántóföldről. A viszonylag kevés darabszámú minta miatt a két helyszínen termesztett fajtákat közös ábrán (15. ábra) szemléltetem. A piros színű oszlopok jelölik a hajdúböszörményi, a kék színűek a biharkeresztesi hibrideket.

A Hajdúböszörményből begyűjtött 5 db hibrid (DE45, DE46, DE47, DE48, DE49) közül a vizsgálat szerint a DE49-es kóddal ellátott fajta érte el a legmagasabb relatív keményítőtartalmat, amely 73,8 %-os volt. A legrosszabb keményítőtartalmú fajta a DE46-os jellel kódolt elnevezett kukorica hibrid volt, amelyben mindössze 69,9 %-ban volt keményítő. A különbség a maximum és minimum között 3,9 %-os. Az öt elérő hibrid átlagos keményítőtartalma 72,6 % volt.

A Biharkeresztes településhez közel eső szántóföldről gyűjtött minták darabszáma 14 volt. A DE50-DE63 kódjelzés közé eső eltérő fajtájú kukorica hibridek vizsgálata során bebizonyosodott, hogy a DE63-as jelzésű kukorica hibrid magasan a legjobb keményítőtartalmú az összes itt termesztett típus közül, mivel relatív keményítőtartalma elérte a 74 %-ot. A legalacsonyabb keményítőtartalmú biharkeresztesi hibrid, a DE52, ezzel szemben csupán 69 %-os relatív keményítőtartalommal rendelkezett. A különbség a maximum és minimum között nagy. Megközelíti az 5 %-ot (4,998 %).

16. ábra: A kukorica hibridek szemtermésének relatív keményítőtartalma, 2007-ben, Zsámbok



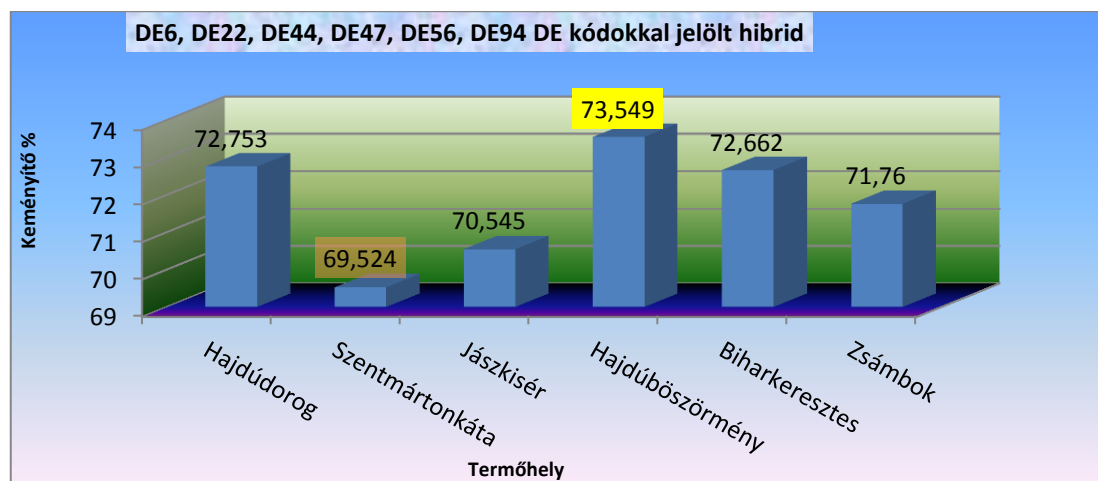
A 2007-ben összesen 43 különböző genotípusú kukorica fajtát hasonlítottam össze a Zsámbok térségében termesztett fajták közül (16. ábra). A vizsgált minták közül a DE73-as hibrid rendelkezett a legjobb relatív keményítőtartalommal (73 %). A *Foss Infratech Grain Analyzer* mérései szerint a leggyengébb keményítőtartalmú hibrid a DE67-es volt, a maga 68,4 %-os beltartalmi paraméterével. A különbség a két szélsőérték között 4,6 %. A vizsgált hibridek átlagos szárazanyagra vonatkoztatott keményítőtartalma 70,5 % volt.

4.1.1. 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. Az eredményeket a 17-20. ábrákon szemléltetem. A DE6, DE22, DE44, DE47, DE56, DE94 kódnévvel ellátott, de azonos hibrid mintáit az összes vizsgálatba bevont szántóföldről sikerült begyűjtenem és megmérnem. 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

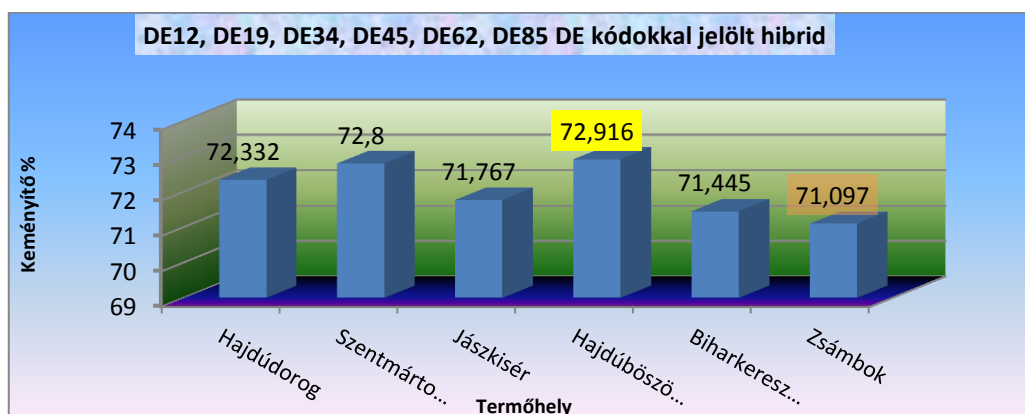
szántóföldről, a DE21, DE39, DE46 és DE52 jelű hibrid 4 eltérő helyről származó mintáinak összehasonlítást végeztem.

17. ábra: Eltérő helyen termett kukorica hibrid szemtermésének keményítőtartalma, 2007



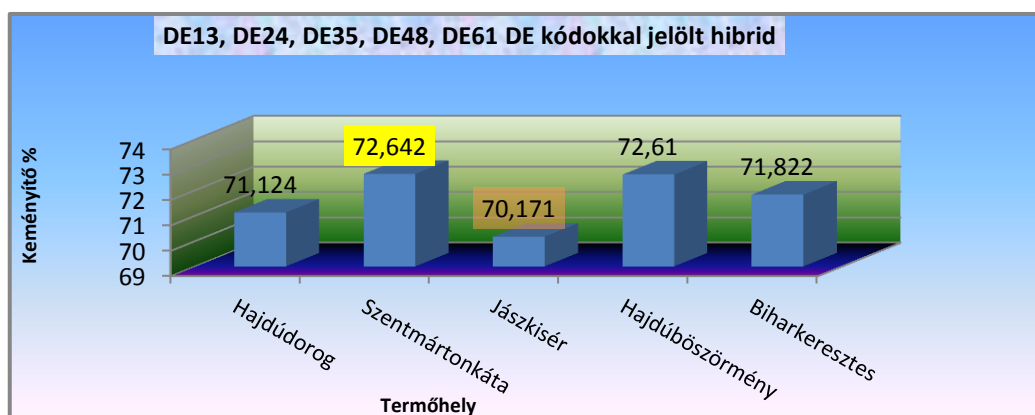
A 17. ábrán látható, hogy a kukorica eltérő helyen, eltérő agrotechnikai kezelés mellett, eltérő meteorológiai viszonyok között más és más beltartalmi értékeket mutatott 2007-ben. A rendre teljesen azonos körülmények között folytatott mérés során megállapítottam, hogy a szárazanyagra vonatkoztatott relatív keményítőtartalomban és egyéb beltartalmi paraméterekben jelentős különbség volt. A DE6, DE22, DE44, DE47, DE56, DE94-es kukorica hibrid Hajdúböszörmény szántóföldjén termesztett DE47-es kódjelű kukorica mintája tartalmazta a legtöbb keményítőt (73,5 %). Ezzel szemben a Szentmártonkőn termett 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).

18. ábra: Eltérő helyen termett kukorica hibrid szemtermésének keményítőtartalma, 2007



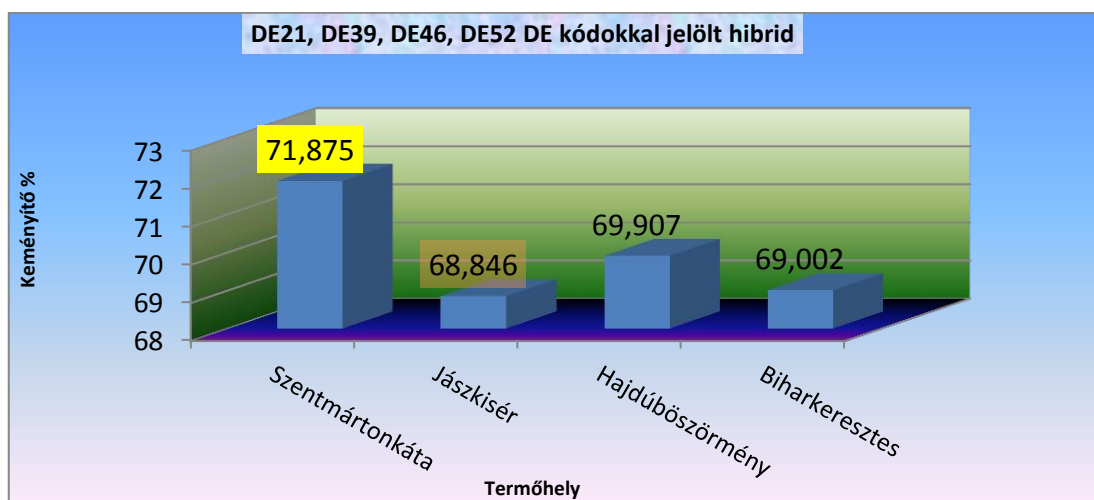
A DE12, DE19, DE34, DE45, DE62, DE85 jelzésű kukorica hibrid a mérést követően eltérő beltartalmi értékeket mutattak (18. ábra). A vizsgált fajta ebben az esetben is egy hajdúböszörményi szántóföldön érte el a legnagyobb keményítőtartalmat (72,9 %-ot), míg a legkisebb relatív keményítőtartalmú kukorica (71,1 %) Zsámbokon termett. A maximum és minimum közti különbség kicsi, mindössze 1,8 %. Az átlag a hat helyszínen termesztett kukoricafajták esetében 72,1 %. Ez a hibrid a többihez viszonyítva elég homogén relatív keményítőtartalmú mintákat produkált, mivel a maximum és az átlag között mindössze 0,9 %-nyi eltérést mértem, a minimum és az átlag között 0,9 %, azaz az eltérés nem éri el az 1 % sem.

19. ábra: Eltérő helyen termett kukorica hibrid szemtermésének keményítőtartalma, 2007



A 2007-ben a hibrid 5 különböző helyről begyűjtött, mintáinak (DE13, DE24, DE35, DE48, DE61) összehasonlítása során megállapítottam, hogy a legnagyobb relatív keményítőtartalmat elért minta (DE24) Szentmártonkátáról származott. A kukoricaminták keményítőtartalmát a 19. ábra mutatja. A Szentmártonkátán termesztett kukorica esetében a szárazanyagra vonatkoztatott keményítőtartalom 72,6 %-os volt. A legkisebb relatív keményítőtartalmú minta Jászkisérről (DE35) származott. Ennek a mintának mindössze 70,2 %-os volt a keményítőtartalma. A maximum és minimum közti különbség 2,5 % volt. Ennek a kukoricafajtának az átlagos keményítőtartalma 2007-es aszályos év során az öt eltérő termőterületről 71,7 %-osnak bizonyult.

20. ábra: Eltérő helyen termett kukorica hibrid szemtermésének keményítőtartalma, 2007

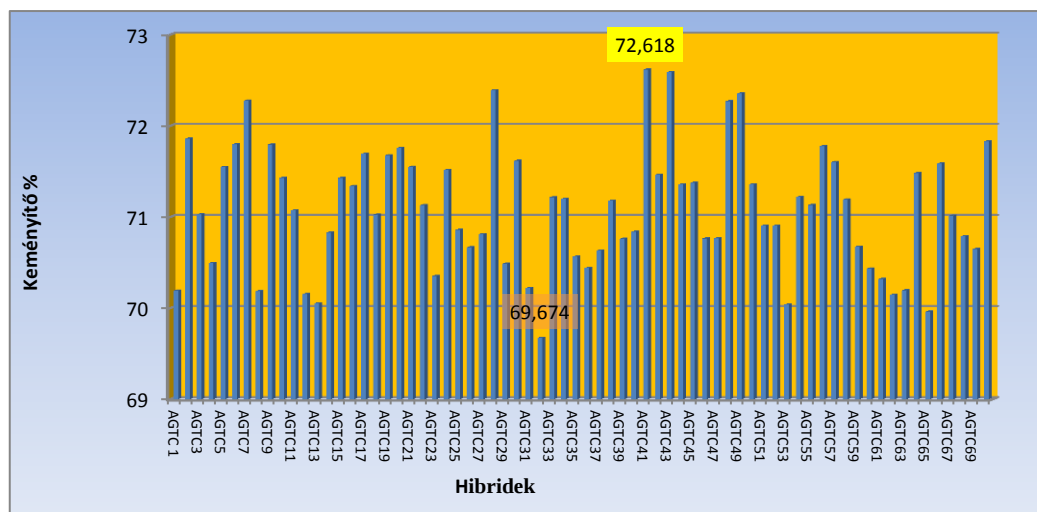


A DE21, DE39, DE46 és DE52 kóddal ellátott kukorica-hibrid beltartalmi értékeit 2007-ben négy egymástól viszonylag távol eső termőterületről begyűjtött mintákból határoztam meg (20. ábra). A szárazanyagra vonatkoztatott relatív keményítőtartalom a Szentmártonkátáról begyűjtött DE21 jelű mintában volt a legnagyobb (71,9 %). A legkevesebb keményítőtartalom a Jászkiséren termesztett kukoricamintából volt kimutatható, amely 68,8 %-osnak bizonyult. A két szélsőség közti különbség ebben az esetben 3 %. Ennek a hibridnek az átlagos keményítőtartalma 2007-ben 70 %-os volt.

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

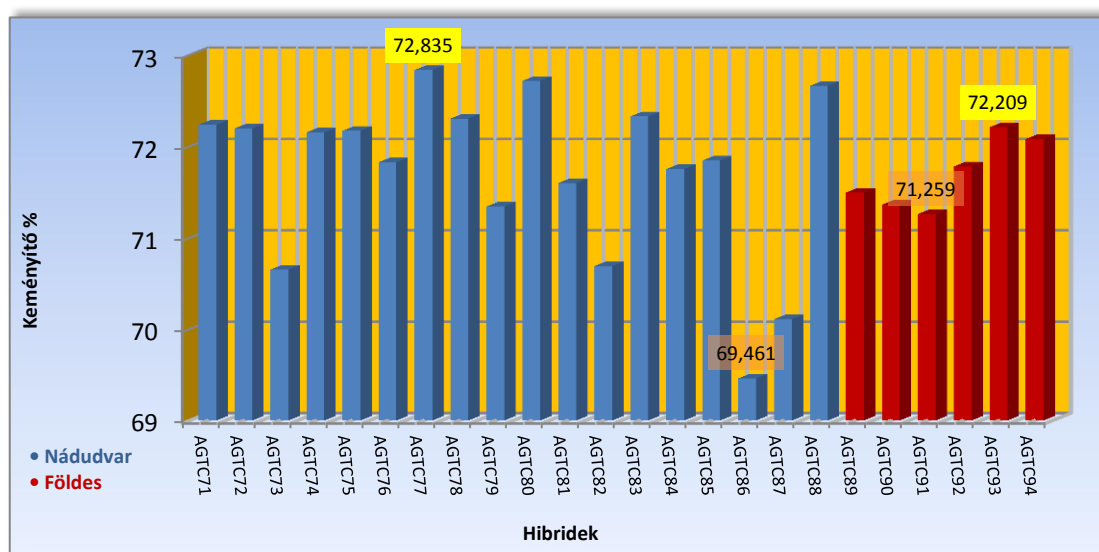
2008-ban a 403 minta átlagos keményítőtartalmát határoztam meg NIT módszerrel a betakarítást néhány nappal követő, változó, átlagosan 16,9 % nedvességtartalom mellett, amely érték 59,7 % volt. A legmagasabb (65,1 %) és legalacsonyabb (53,1 %) keményítő tartalmú hibridek között 12 %-os eltérést mértem. 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. Az AGTC1-AGTC70 kóddal ellátott hibridek mintáit 2008-as év során *Bakonszeg* térségből gyűjtöttem be (21. ábra). A 70 eltérő genotípusú hibrid közül az AGTC41-es hibrid rendelkezett a legjobb 72,6 %-os relatív keményítő tartalommal. A legkevesebb keményítőt az AGTC32-es mintában mértem, amely 69,7 % volt. A maximum és minimum közti különbség 2,9 %. A *Bakonszeg* közelében termesztett 70 eltérő hibrid átlagos keményítőtartalma 2008-ban 71,1 % -nak mutatkozott.

21. ábra: A kukorica hibridek szemtermésének relatív keményítőtartalma 2008, Bakonszeg



Az AGTC71-AGTC94 jelzésű hibrideket *Nádudvar* (összesen 18 db) és *Földes* (összesen 6 db) térségéből gyűjtöttem. Tekintettel a kevés mintára, az eredményeket közös ábrán szemléltetem (22. ábra). A nádudvari hibridek közül 2008-ban az AGTC77-es hibrid rendelkezett a legjobb keményítőtartalommal, amely összesen 72,8 %-os volt. Az AGTC73-as keményítő tartalma pedig csak 70,6 %-os. A kettő közti különbség 2,2 %-nak bizonyult.

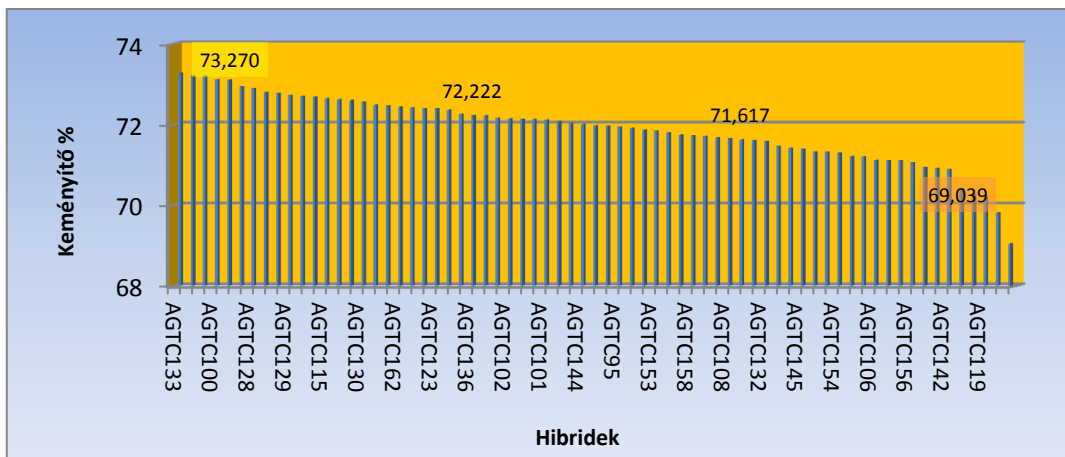
22. ábra: A kukorica hibridek szemtermésének relatív keményítőtartalma 2008, Nádudvar és Földes



A *Földesről* származó hibridek esetében az AGTC93-as 72,2 %-ban tartalmazott keményítőt, míg az AGTC91 csak 71,3 %-nyi keményítő tartalommal rendelkezett. A különbség csekély, mindössze 0,9 %-os volt. A két helyszínről vett minták átlaga méréseim alapján 71,7 %-nak bizonyult.

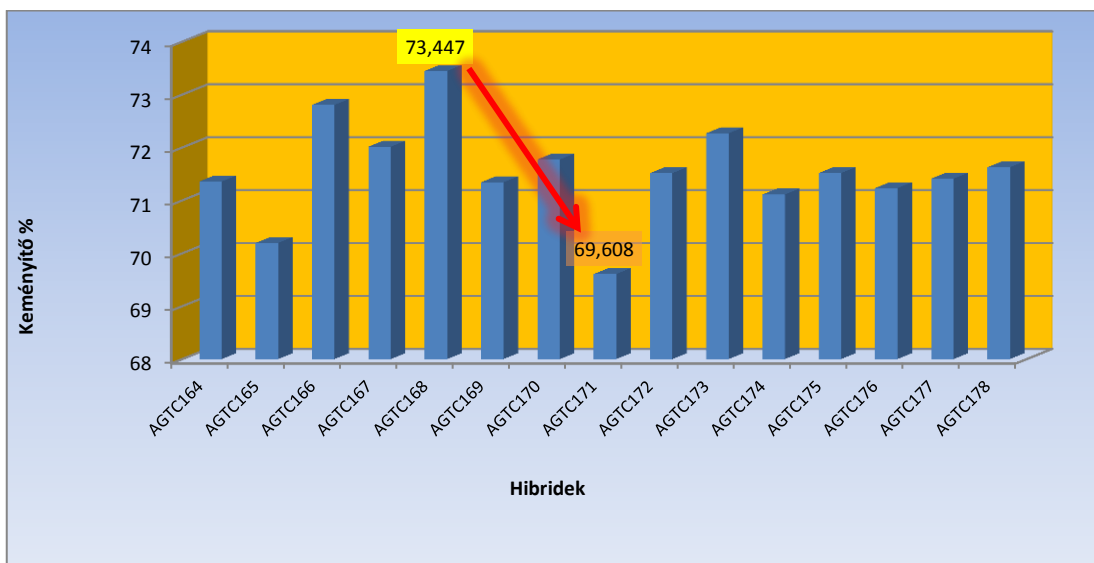
A *Hajdúböszörmény* külterületén fekvő szántóföldről 2008-ban összesen 69 mintát gyűjtöttem és az AGTC95-AGTC193 kódokkal jelöltem (23. ábra). Az eltérő hibridek átlagos keményítőtartalma 71,9 % volt. A maximális értéket mutató minta az AGTC133-as volt, a maga 73,3 %-os keményítőtartalmával, míg a minimumot az AGTC159 minta adta (69 %). Az eltérés a két szélsőérték között 4,2 % volt.

23. ábra: A kukorica hibridek szemtermésének relatív keményítőtartalma 2008, Hajdúböszörmény



Abony térségében lévő kukoricamezőről származó (AGTC164-AGTC178) 15 db. minta átlagos szárazanyagra vonatkoztatott keményítőtartalma 71,5 % volt (24. ábra). A legjobb keményítőtartalmú hibridnek az AGTC168-as bizonyult 73,4 %-os relatív keményítőtartalommal, míg a legrosszabbként az AGTC171-es minta szerepelt 69,6 %-os tartalommal. A különbség a két mért érték között 3,8 % volt

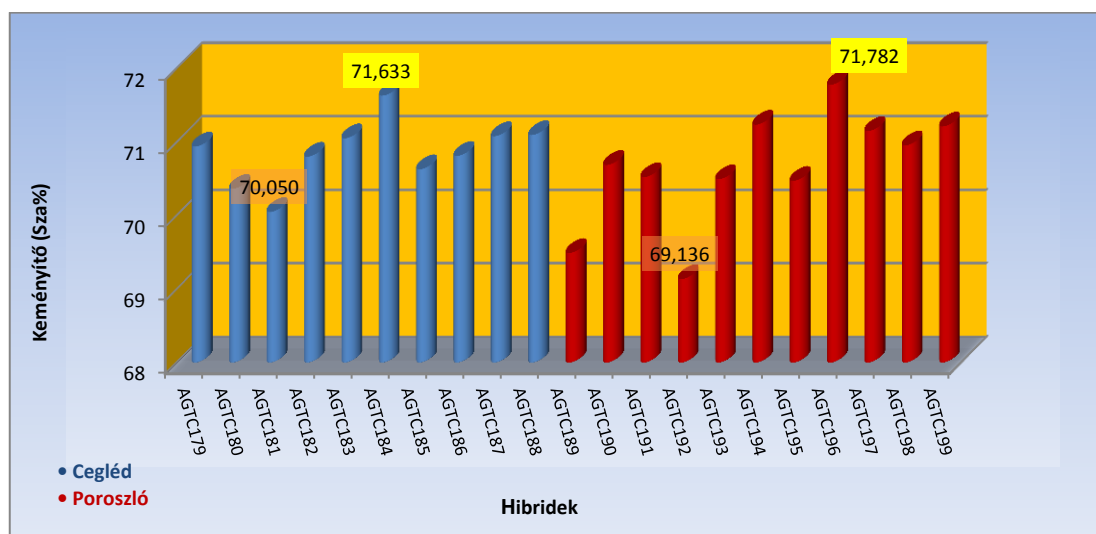
24. ábra: A kukorica hibridek szemtermésének relatív keményítőtartalma 2008, Abony



A Ceglédről és Poroszlóról származó hibrideket, tekintettel a kevés mintaszámra, közös ábrán (25. ábra) ábrázolom. 2008-as kísérleti év során összesen 10 elérő hibridből származó mintát vizsgáltam, amelyet Cegléd külterületén lévő szántóföldről gyűjtöttem. Ezek átlagos keményítőtartalma 70,8 % volt. Ezek a minták az AGTC179-AGTC188 kódokat kapták. A legjobb keményítőtartalmú hibridnek az AGTC184-es bizonyult, a maga 71,6 %-os keményítőtartalmával, míg a legalacsonyabb keményítőtartalmú az AGTC181-es hibrid volt, amelyben 70 % volt a keményítő. A különbség a két hibrid között mindössze 1,6 % volt.

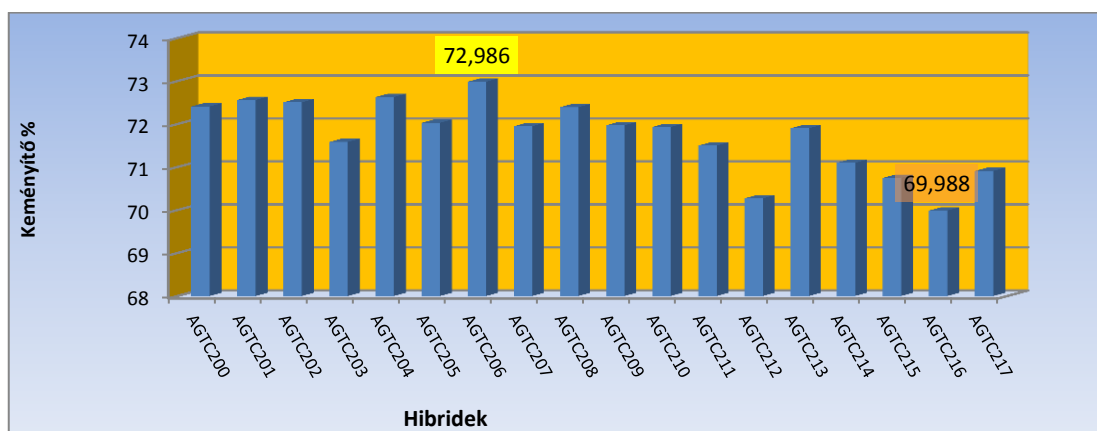
A 11 poroszlói szántóföldről vett minta (AGTC189-AGTC199) átlagos relatív keményítőtartalma 2008-ban 70,6 % volt. A legjobb hibridnek az AGTC196-os bizonyult, 71,8 %-os keményítő tartalommal. A leggyengébb keményítőtartalmú minta az AGTC192-es lett, amelyben csak 69,1 % volt a keményítő. A kettő közti különbség 2,6 % volt.

25. ábra: A kukorica hibridek szemtermésének relatív keményítőtartalma 2008, Cegléd és Poroszló



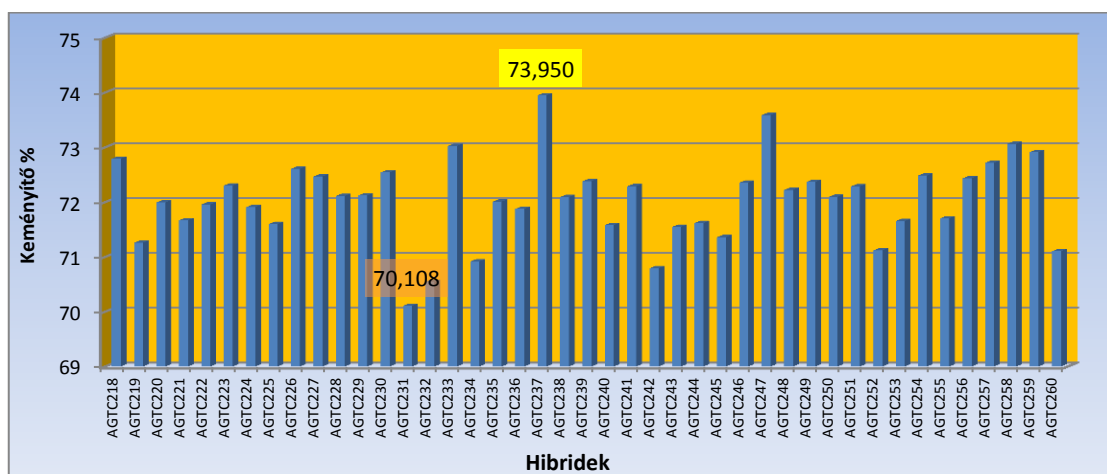
A tiszaszőlősi helyszínről összesen 18, eltérő genotípusú kukoricát gyűjtöttem be (AGTC200-AGTC217). A hibridek átlagos keményítőtartalma NIT mérések alapján 71,7 % volt. A maximális (73,0 %-os) keményítő tartalmú AGTC206-os jelű minta volt. A minimumot az AGTC216-os minta adta. Összesen 69,988 %-os keményítőtartalommal. A kettő közti különbség 3 %-nak bizonyult. Ezek a hibridek a 26. ábrán láthatók.

26. ábra: A kukorica hibridek szemtermésének relatív keményítőtartalma 2008, Tiszaszőlős



Hortról található szántóföldről (27. ábra) összesen 43 eltérő fajtájú hibrid mintáját mértem meg. Az AGTC218-AGTC260 kóddal ellátott hibridek átlagos keményítőtartalma 72 % volt. A legnagyobb keményítőtartalmat az AGTC237-es hibridben mértem, amelynek 74 % volt a szárazanyagra vonatkoztatott keményítőtartalma. A legkisebbet az AGTC231-os mintában, amely fajtának csak 70 %-os volt a keményítőtartalma. A kettő közti különbség 3,8 %-nyit tett ki

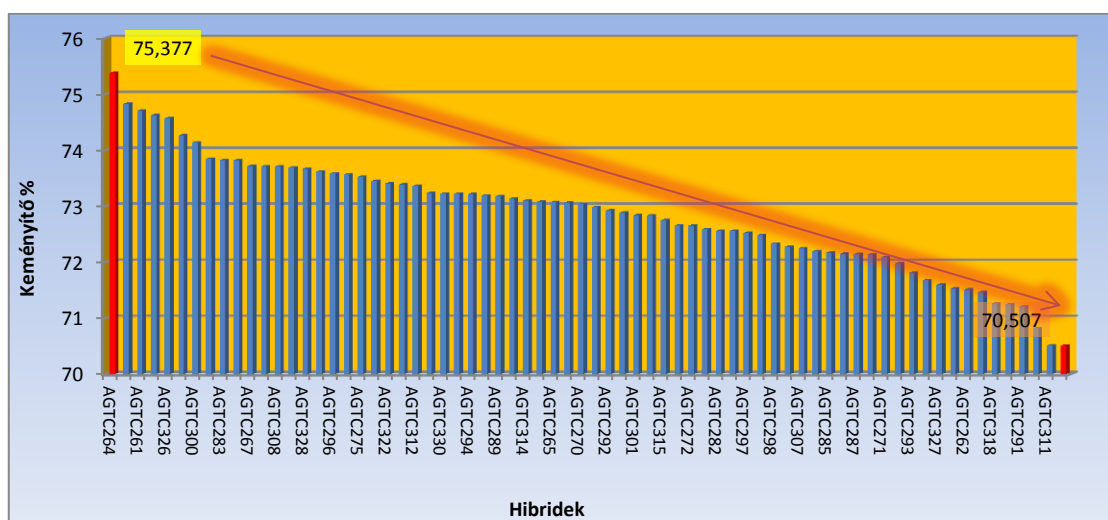
27. ábra: A kukorica hibridek szemtermésének relatív keményítőtartalma 2008, Hort



A *Hosszúpályi*hoz tartozó szántóföldön termett összesen 70 eltérő állományú kukorica hibridet (AGTC261-AGTC330) vizsgáltam, amely mérési eredmények a 28.

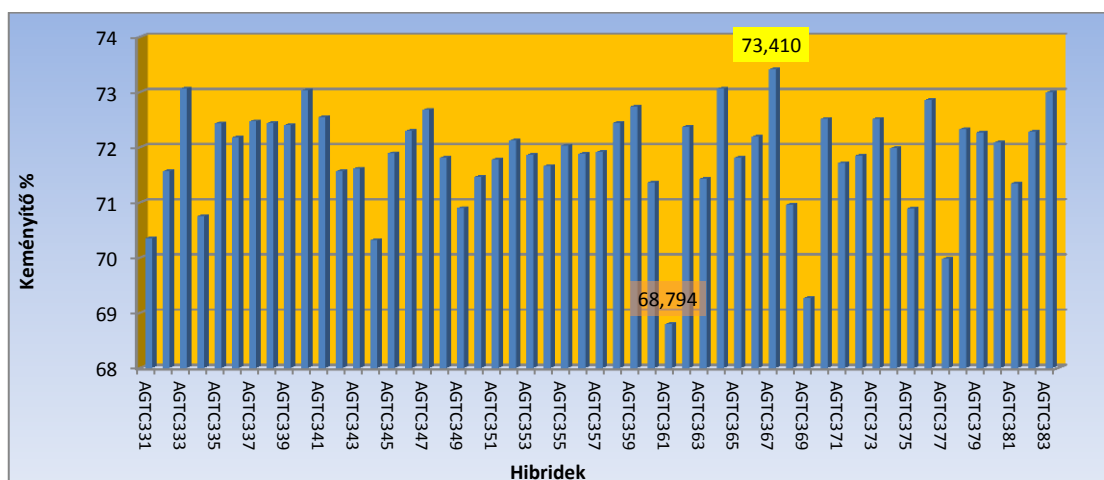
ábrán láthatók. A 70 hibrid átlagos keményítőtartalma 72,9 % volt. 2008-ban a 403 mintából a Hosszúpályiban termesztett AGTC264 jelű minta keményítőtartalma (75,4 %) volt a legtöbb. Az AGTC299-es hibridben mértem a legalacsonyabb (70,5 %) keményítőtartalmat. A maximum és minimum közötti különbség 4,9 %-ot tett ki.

28. ábra: A kukorica hibridek szemtermésének relatív keményítőtartalma 2008, Hosszúpályi



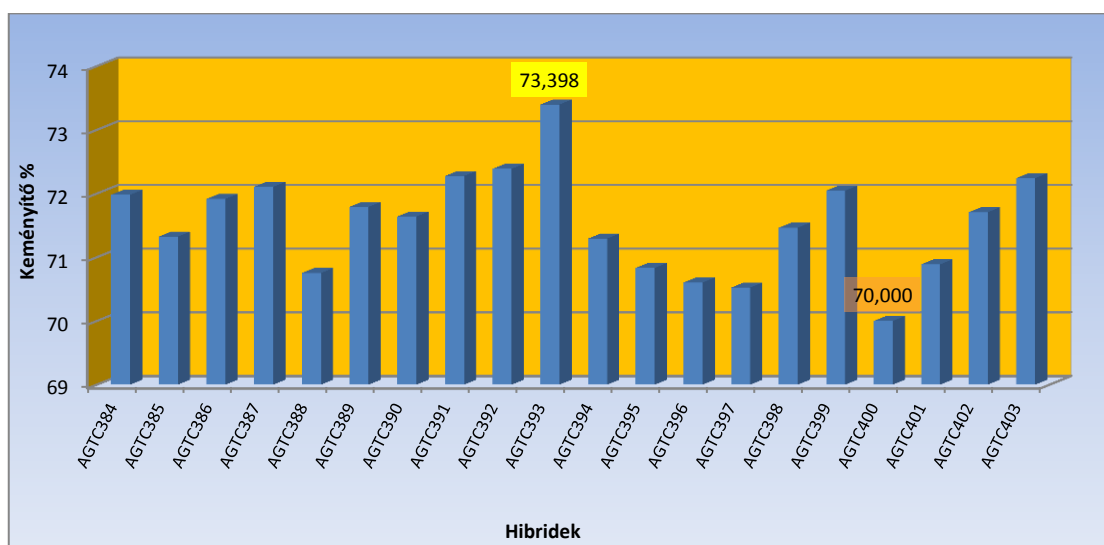
A Biharkeresztesi térségéből 2008-ban összesen 53 db hibridből származó mintát vizsgáltam meg NIT módszerrel (AGTC331-383). A kapott eredményeket a 29. ábrán mutatom be. A hibridek átlagos keményítőtartalma 71,9 %-os volt. A legtöbb (73,41 %) keményítőt az AGTC367 jelű kukorica termése tartalmazta. A 2008-as kísérleti évben mért minták közül erről a szántóföldről került ki a legalacsonyabb keményítőtartalmú hibrid. Az AGTC361 jelű hibrid termésének keményítőtartalma csak 68,8 % volt. A maximum és minimum közötti különbség ebben az esetben 4,6 %-osnak bizonyult. A 2008-as kísérleti év során Hosszúpályinál mért maximum (75,4%) és a biharkeresztesi minimum (68,8 %) közötti különbség jelentős, meghaladja a 6,5 %-ot.

29. ábra: A kukorica hibridek szemtermésének relatív keményítőtartalma 2008, Biharkeresztes



A *Létavértes* külterületén található kukoricaföldről az AGTC384-AGTC403 kóddal ellátott, összesen 20 db kukorica hibridből gyűjtöttem mintát. Az eredmények a 30. ábrán láthatók. A 20 hibrid átlagos relatív keményítőtartalma 71,6 % volt. A legnagyobb keményítőtartalmat (73,4 %) AGTC393 jelű hibridben mértem. A legalacsonyabb értéket az AGTC400 jelű fajta mutatta, kerekén 70,0 %-os keményítő tartalommal. A két szélsőérték közötti különbség 3,4 %-os volt.

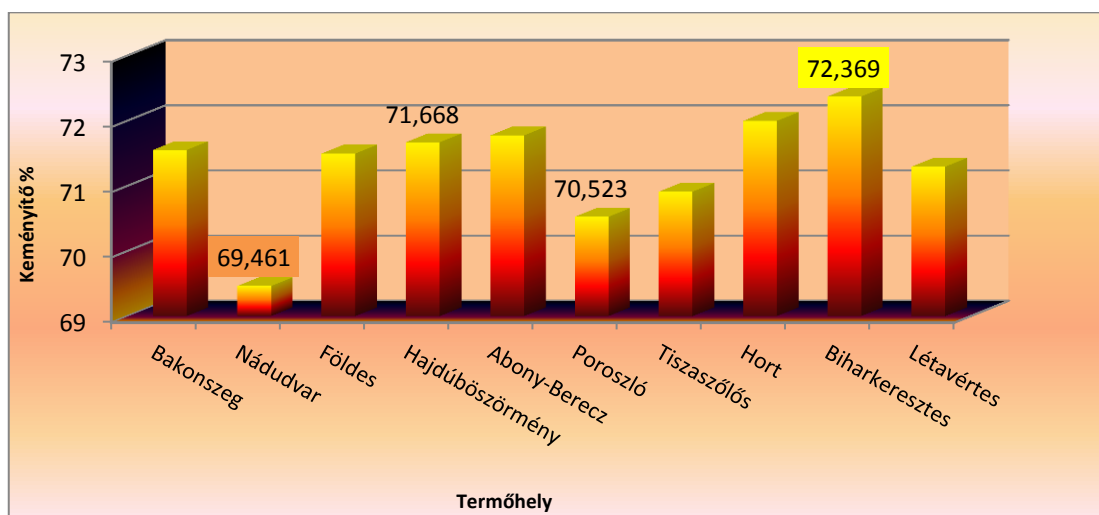
30. ábra: A kukorica hibridek szemtermésének relatív keményítőtartalma 2008, Létavértes



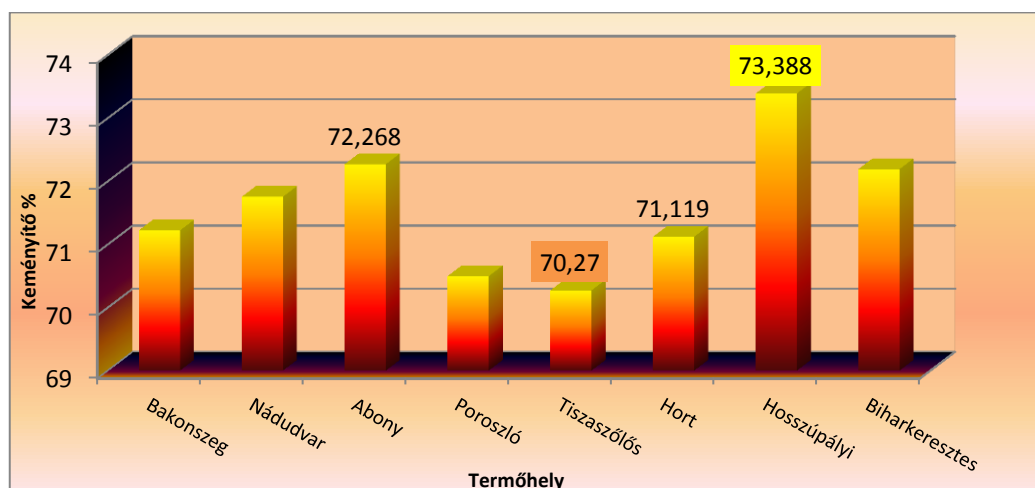
4.2.1. A 2008-ban vizsgált két kukorica hibrid eltérő termőterületekről begyűjtött mintáinak összehasonlítása

2008-ban, a 10 eltérő földrajzi helyről gyűjtött minták szárazanyagra vonatkoztatott keményítőtartalma 69,5-72,4 % között változott (31. 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.

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



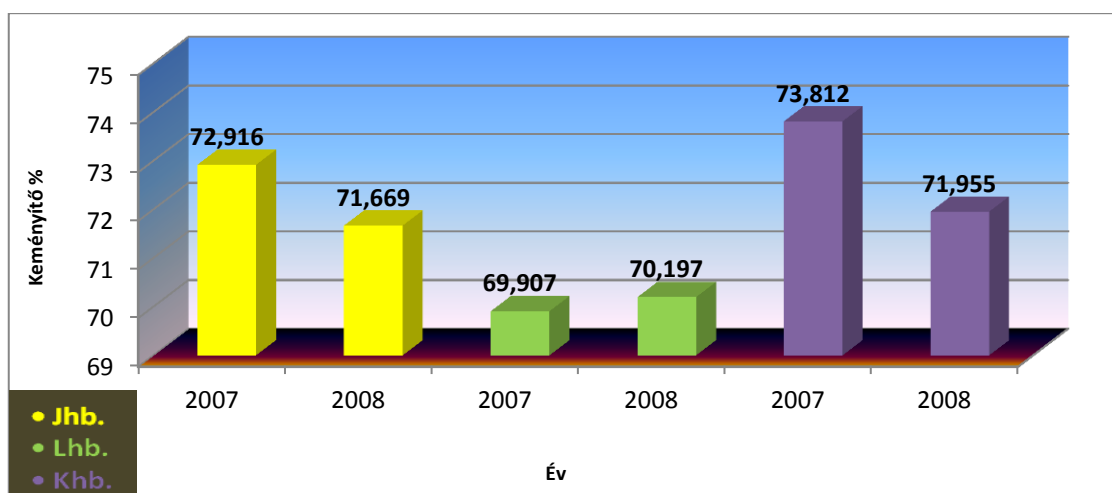
32. ábra: Az L1-es kukorica hibrid termésének keményítőtartalma eltérő termőhelyeken, 2008



Az L1 jelű kukorica-hibrid mintáit 2008-ban 8 eltérő földrajzi fekvésű termőterületről gyűjtöttem be és vizsgáltam meg (32. ábra). A minták szárazanyagra vonatkoztatott keményítőtartalma 70,3 % - 73,4 % között változott. Az átlagos keményítőtartalom 71,6 %-os volt. A Tiszaszőlősen termett L1 jelű (AGTC212) és a Hosszúpályin termett L1 jelű (AGTC304) minták keményítőtartalma közötti különbség 3,1 %-nak bizonyult.

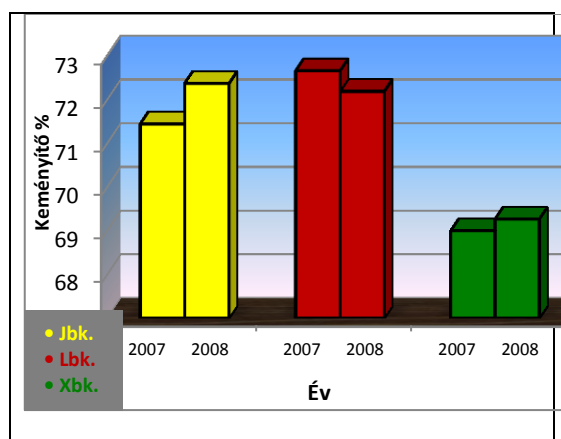
4.3. A 2007-ben és 2008-ban évek során vizsgált, azonos genotípusú kukorica hibridek azonos termőterületről begyűjtött mintáinak összehasonlító elemzése

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

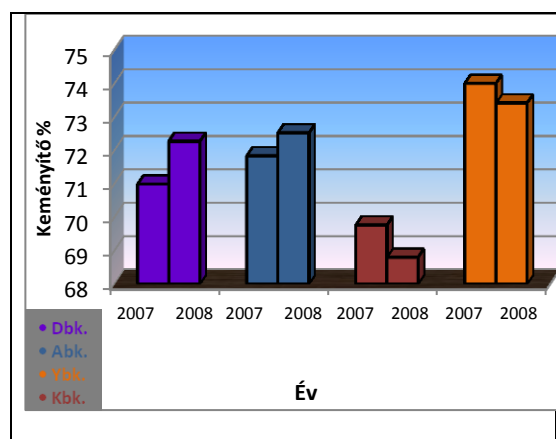


A Hajdúböszörmény határában lévő szántóföldről származó 3-3 azonos genetikai tulajdonságokkal rendelkező kukoricaszemek vizsgálatakor, a két év mintáiban a mért beltartalmi értékek egymástól különböztek (33. ábra). A Jhb kóddal ellátott hibrid az aszályos 2007-es évben 72,9 % keményítőt tartalmazott, 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 72,3 % volt. Az eltérés 1,8 %-os.

34. ábra: Évjárat hatása három hibrid termésének keményítőtartalmára, Biharkeresztes, 2007 és 2008. I.



35. ábra: Évjárat hatása három hibrid termésének keményítőtartalmára, Biharkeresztes, 2007 és 2008. II.



A biharkeresztesi kukoricaföldről gyűjtött minták is rendre eltérést mutattak a beltartalmi mérések során (34.,35. ábra). A Jbk elnevezésű (DE62, AGTC362) hibrid mintái közötti keményítőtartalombeli különbség 1 %-os volt. 2008-ban, nagyobb termés mellett, kedvezőbb keményítőtartalmat kaptunk. Tehát a hektáronkénti keményítőhozam is több volt ennél a hibridnél. Az Lbk hibrid esetében az előbbi tendencia nem valósult meg, ugyanis a 2007-es minta keményítőtartalma 0,5 %-kal mutatott több keményítőt, mint a 2008-as érték. Az Xbk biharkeresztesi termésből származó két minta keményítőtartalma gyakorlatilag nem változott a két eltérő időjárású év során. 2007-ben 69 %-os relatív keményítőtartalmat mértem. 2008-ban ugyanez az adat 69,3 % volt, tehát az eltérés elenyésző, mindössze 0,3 %-os. A nagyobb terméshozam a kicsivel nagyobb keményítőtartalom mellett, jobb keményítőhozamot eredményezett 2008-ban az Xbk jelű kukorica hibrid esetében, összehasonlítva az aszályos 2007-es év értékeivel. A Dbk jelű hazai gazdák által gyakran termesztett fajtájú kukorica hibrid keményítőtartalmának változása is követte a Jbk és Xbk nevű hibridek által mutatott tendenciát, vagyis a 2008-as termésben mért keményítőtartalom, ha kevéssel is (1,3 %), de meghaladta a 2007-es termésből származó mintában mért keményítőtartalmat. Az Abk jelű kukorica mintáit vizsgálva megállapítottam, hogy 2007-ben 71,8 % volt a keményítő tartalom, 2008-ban pedig 72,5 %. A tendencia hasonlóságot mutat az előző minták esetében mért változásokhoz. A Kbk kódolású minta esetében az eddig tapasztalt tendencia nem állapítható meg, mivel ebben az esetben a 2007-es gyengébb termést eredményező évben a DE58-as mintában 69,7 %

volt a keményítő, míg a 2008-ban vett AGTC361-es mintában 68,8 % volt, ami majdnem 1 %-kal kevesebb szárazanyagra vonatkoztatott keményítőtartalmat jelent. Az Ybk jelű fajta mintái is eltérő keményítő és egyéb beltartalmi értékeket mutattak a mérések során. 2007-ben, a biharkeresztesi kukoricaföldön ez a fajta 74 %-os keményítőtartalommal rendelkezett. 2008-ban az ugyanott termesztett azonos fajtájú minta keményítőtartalma 73,4 % volt a spektroszkópiai vizsgálat mérési eredményei szerint. A két év során a *Biharkeresztesen* termelt 7 különböző kukorica hibrid esetében a vizsgált minták közül 4 hibrid esetében (Jbk, Xbk, Dbk, Abk; 2007 < 2008 relatív keményítőtartalom) mértem pozitív keményítőtartalombeli változást, a 2008-as, a kukoricatermesztés szempontjából jobbnak mondható időjárású év javára. Három hibrid esetében (Lbk, Kbk, Ybk; 2007 > 2008 relatív keményítőtartalom) viszont a rendkívül aszályos 2007-es év alatt keletkezett a vizsgált hibridek kukoricaszemeiben nagyobb keményítőtartalom, a hektáronkénti alacsonyabb termés és keményítőhozam mellett.

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

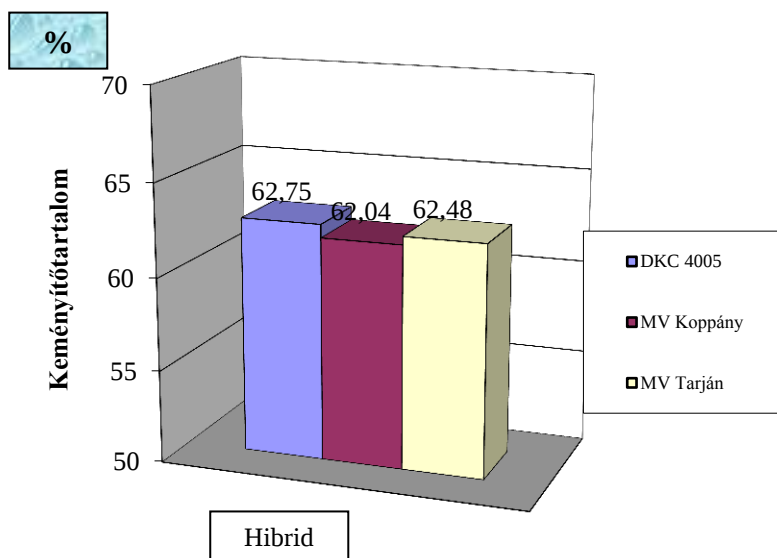
A Látóképi Kísérleti Telepen végzett kisparcellás tartamkísérletben szereplő kukorica hibridek a 2007-es évben a következők voltak: *DKC 4005 (DE_a)*; *MV Tarján (DE_b)*; *MV Koppány (DE_c)*. A következő táblázatban (14. táblázat) az öntözés, műtrágyázás és talajművelés a mért keményítőtartalomra gyakorolt hatásai látszanak a különböző genotípusú hibridek esetében együttesen és típusonként elemezve.

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

Megnevezés	Hibrid			
	DKC 4005(DE_a)	(DE_b) Koppány	(DE_c) Tarján	Átlag
Össz.	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.

36. ábra: A tartamkísérletben szereplő három hibrid keményítőtartalmának oszlopdiagramja, Látókép, 2007



A 36. ábrán is látható, hogy a 3 eltérő fajtájú kukorica hibrid mért keményítőtartalma szignifikánsan nem különbözik egymástól. A keményítőtartalombeli különbségek néhány tizedesjegynyi különbséget mutatnak, ami bioetanol-előállítás során elhanyagolható.

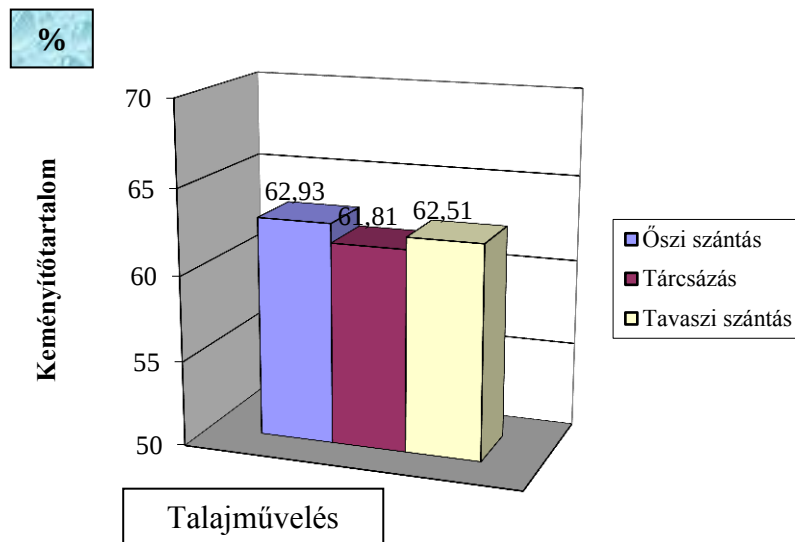
15. táblázat: A vizsgált talajművelési eljárások hatása a szemtermés keményítőtartalmára. Látókép, 2007

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 keményítőtartalma átlag 62,9 %-os volt (15. táblázat). A legrosszabb keményítő tartalmat, a három hibridben összesítve a tavaszi szántás esetében mértem, amely csupán 62,5 %-os értéket mutatott. A két módszer által eredményezett keményítőtartalombeli különbség 0,4 %-osnak bizonyult.

37. ábra: A tartamkísérletében szereplő három hibrid keményítőtartalma átlagának alakulása az alkalmazott talajművelési eljárások függvényében.

Látókép, 2007.



A 37. ábrán a talajművelési módok keményítőtartalomra gyakorolt hatásának eredménye látható. A legeredményesebbnek, a magas keményítőtartalom elérése érdekében az őszi szántás bizonyult.

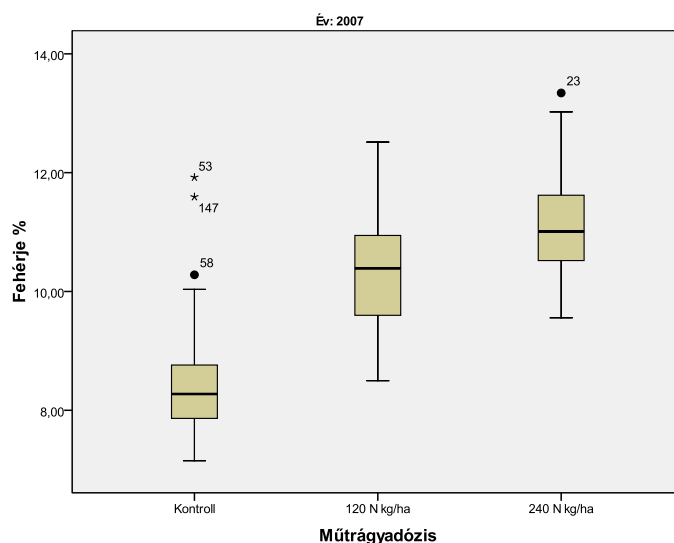
16. táblázat: A műtrágyázás keményítőtartalmat befolyásoló hatása. Látókép, 2007

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

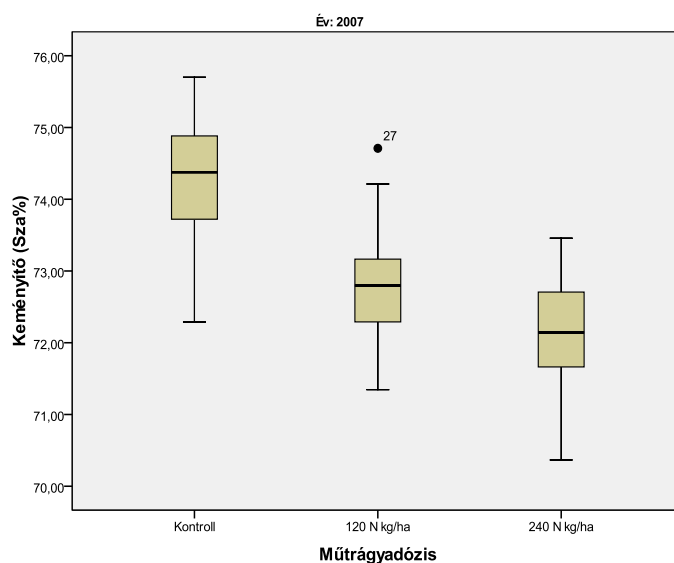
A 2007-es eredmények azt tükrözik, hogy a műtrágyázatlan parcellákon a hibrdek termésében magasabb keményítőtartalom alakult ki (63,3 %), mint az N 120 kg/ha (62,2 %) illetve N 240 kg/ha (61,7 %) hatóanyag mennyiségben kijutatott műtrágyák használata esetében (16. táblázat). A nem műtrágyázott, kontroll kezelések során a hibrdekben mért keményítőtartalom 1,1 %-al haladta meg a 120 kg N/ha trágyamennyiséggel kezelt hibrdek 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. A műtrágyakezelések keményítőtartalomra gyakorolt hatását kimutató mérések alapján 2007-ben megállapítható volt, hogy amíg a nagyobb dózisban kijutatott műtrágya hatására a terméshozam rendre nagyobb volt, a szemek keményítőtartalma viszont rendre csökkent. Ezeknél az eredményeknél azonban nem vettem számításba a tényleges, hektáronként keletkezett keményítő hozamot, ami a termés mennyiség és keményítőtartalom szorzatából adódik.

38. ábra: A műtrágyázás hatása a fehérjetartalomra, Látókép, 2007



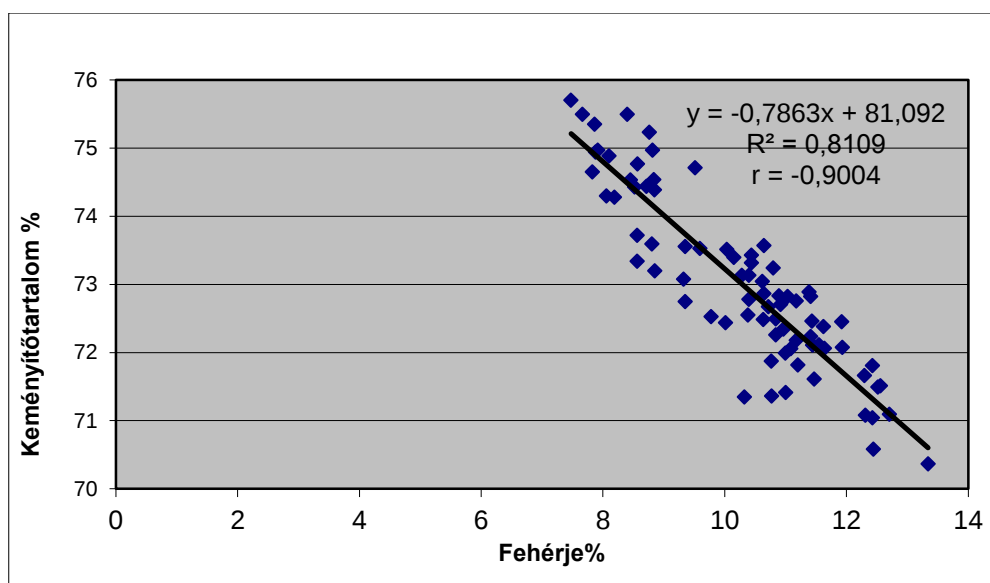
39. ábra: A műtrágyázás hatása a keményítőtartalomra, Látókép, 2007



A 3 hibrid relatív keményítőtartalma is tükrözi a 14 %-os nedvességtartalmú minták mérésekor tapasztalt tendenciát (39. ábra). A vizsgált hibridek

fehérjetartalmának vizsgálati eredményei azt igazolják, hogy a 240 N kg/ha dózisban kijutatott műtrágyadózis hatására halmozódott fel a kukoricaszemekben a legtöbb fehérje, amely 11,2 %-ot tett ki, ezt követi a 120 N kg/ha dózissal kezelt hibridek fehérjetartalma (38. ábra). Ezzel szemben a műtrágyázatlan kontrollban a hibridek fehérjetartalma mindössze 8,5 % volt, amely 2,7 %-os különbség szignifikánsnak bizonyult ($p < 0,05$).

40. ábra: A keményítőtartalom és fehérjetartalom korrelációja, Látókép, 2007



Forrás: (Rátonyi et al., 2009)

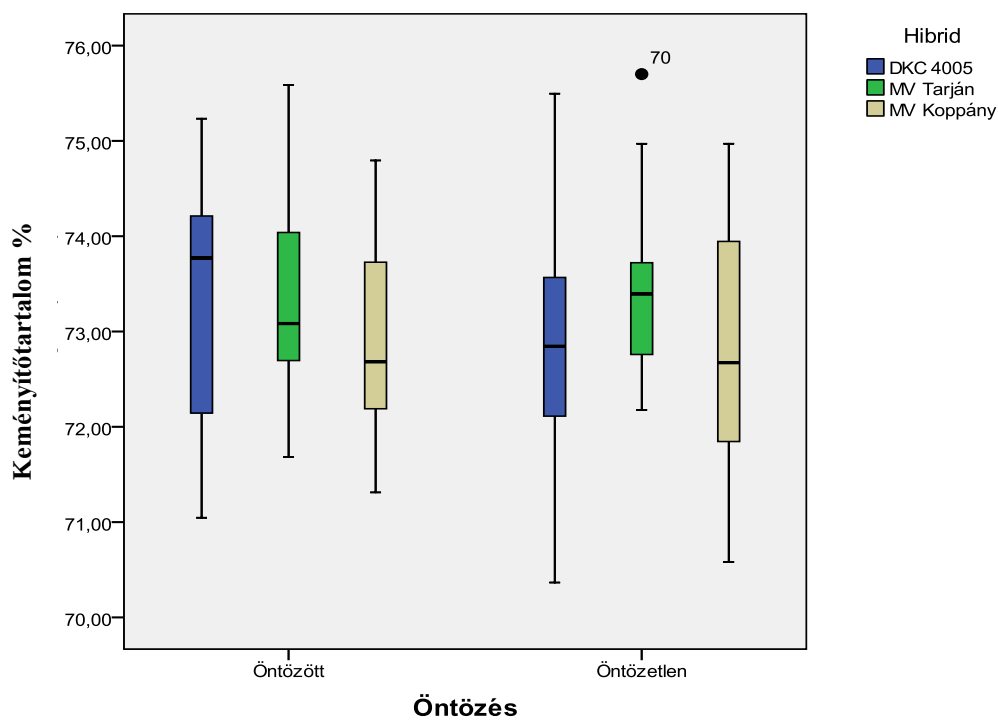
A 2007-es évben, a Látóképi Kísérleti Telepen különböző agrotechnikai körülmények között termesztett három kukorica hibrid relatív fehérjetartalma szignifikáns, negatív korrelációt mutatott a vizsgált hibridek relatív keményítőtartalmával (40. ábra). A negatív korreláció tényén nem változtatott sem a hibridek genetikai tulajdonsága, sem az alkalmazott különféle agrotechnikai műveletek hatása. Az $R^2 = 0,8109$, amely érték viszonylag jól illeszkedik a trendvonalhoz.

17. táblázat: Az öntözés hatása a keményítőtartalomra, Látókép, 2007

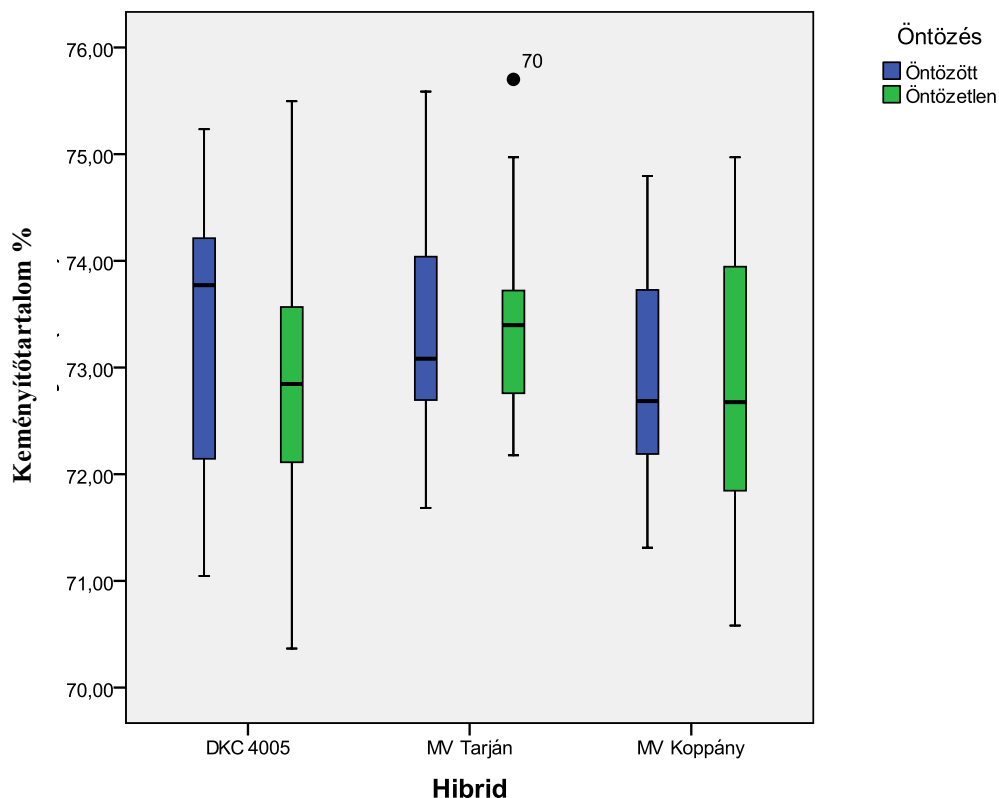
Megnevezés	Öntözés		
	Öntöztetlen	Öntözött	Átlag
	62,36	62,46	62,41

A Látóképi Kísérleti Telepen termesztett három kukorica hibrid öntözött és öntözetlen beállítású termésmintáinak keményítőtartalmában 2007-ben mindössze egytized százalék pontnyi volt az eltérés (17. táblázat).

**41. ábra: Az öntözés hatása a három hibrid termésének keményítőtartalmára,
Látókép, 2007**

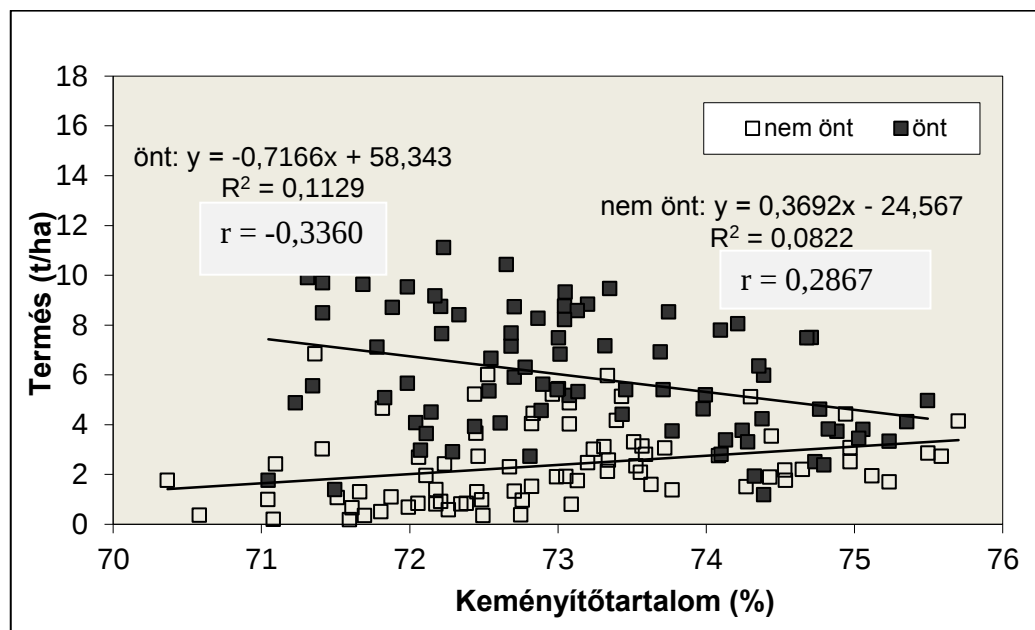


**42. ábra: Az öntözés hatása a három hibrid termésének keményítőtartalmára,
Látókép, 2007**



A 2007-es Látóképi Kísérleti Telepről gyűjtött három hibrid mintáinak összehasonlításánál megállapítottam, hogy a keményítőtartalomnál az öntözés hatására szignifikáns különbség nem alakult ki ($p > 0,05$). A 2007-ben a DKC4005 hibrid az öntözött parcelláján 73,7 % volt a szárazanyagra vonatkoztatott keményítőtartalom. Az öntözetlen parcellákon a DKC4005 kukorica mintájában 72,8 % volt a relatív keményítőtartalom. A DKC4005 jelű hibridnél az öntözés hatására kevesebb mint 1 %-os keményítőtartalom növekedést mértem (41., 42. ábrák). Az MV Tarján jelű hibrid esetében, a medián érték figyelembe vételével az öntözetlen hibridben alakult ki magasabb keményítő. A különbség a két kísérleti beállításból gyűjtött minták esetében nem érte el a 0,5 % relatív keményítőtartalombeli különbséget. Az MV Koppány esetében az öntözött és öntözetlen minták megközelítőleg azonos, 72,6 %- illetve 72,5 %-os keményítőtartalommal rendelkeztek, tehát a vízellátottság nem befolyásolta lényegesen a hibrid keményítőtartalmának alakulását.

43. ábra: A termés és a keményítőtartalom változása az öntözés hatására 2007-ben



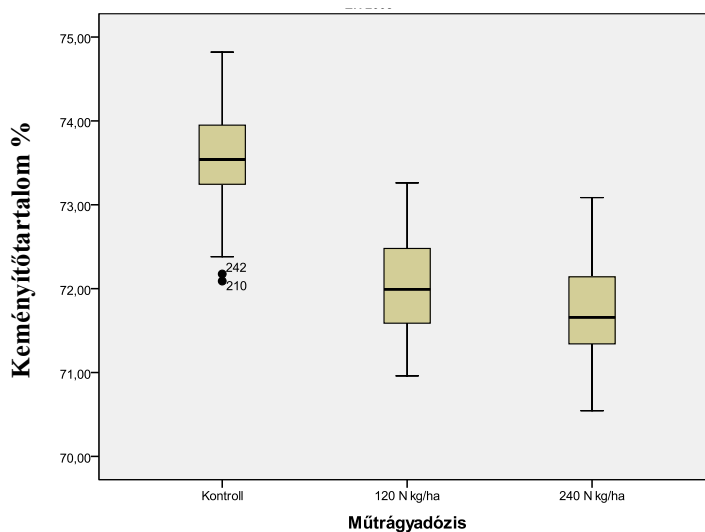
Forrás: (Rátonyi et al., 2009)

A 43. ábra az öntözött és öntözetlen hibridek keményítőtartalma és a termés korrelációját mutatja 2007 évi adatok alapján. A nem öntözött hibridek esetében 2007-ben pozitív korreláció mutatkozott a keményítőtartalom és a terméshozamok között ($r = 0,2867$). Az öntözött hibridek esetében a keményítőtartalom és a terméshozamok között negatív korrelációt találtam ($r = -0,3360$).

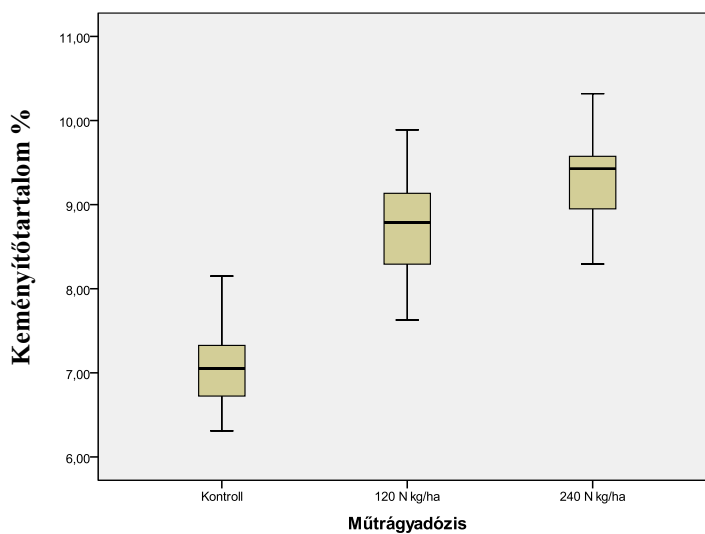
4.5. A termelési tényezők: öntözés, műtrágyázás hatása három kukorica hibrid beltartalmi értékeire. Látókép, 2008

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

44. ábra: A műtrágyadózis hatása a hibridek keményítőtartalmára 2008-ban



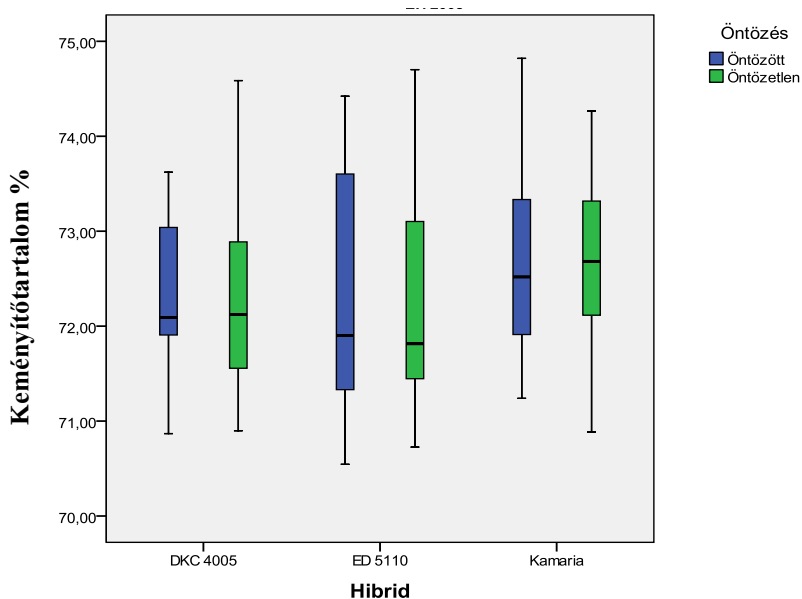
45. ábra: A műtrágyadózis hatása a hibridek szemtermésének fehérjetartalmára. Látókép, 2008



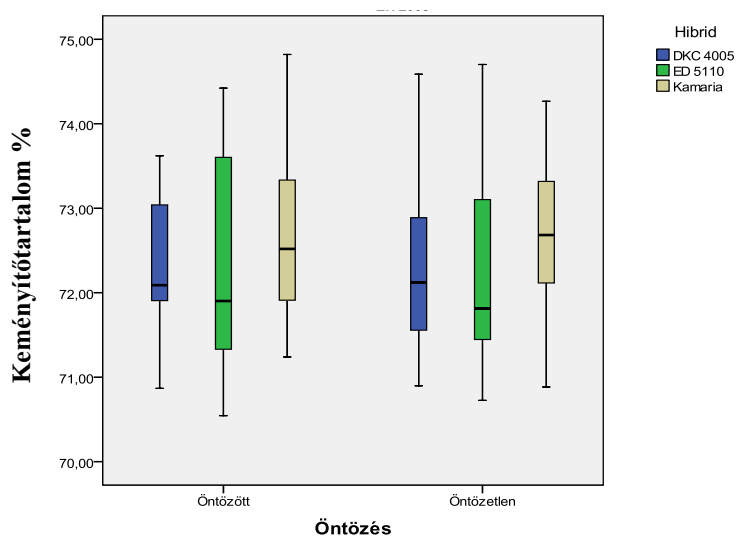
A 2008-ban gyűjtött három fajtájú kukorica hibrid (DKC4005, ED5110, Kamaria) relatív keményítőtartalma és fehérjetartalma is alátámasztja, a már 2007-ben megállapított tendenciát, miszerint a műtrágya adagolásával a hibridek fehérjetartalma növelhető. Ezzel szemben a keményítőtartalomra hátrányosan hat a műtrágyázás (44., 45. ábrák). A vizsgált hibridek fehérjetartalmának vizsgálati eredményei igazolják a korábbi megállapításokat, hogy a legnagyobb (240 N kg/ha) dózisban kijutatott műtrágya hatására halmozódott fel a legtöbb fehérje. Ezt követi a 120 N kg/ha dózissal kezelt hibridek fehérjetartalma. A műtrágyázatlan parcellák a hibridek termése kevés fehérjét tartalmazott. A keményítőtartalom alakulása fordítottan arányos a kiadott műtrágya mennyiségével.

4.5.2. Az öntözés hatása a hibridek szemtermésének beltartalmi értékeire 2008-ban

46. ábra: Az öntözés hatása a hibridek szemtermésének keményítőtartalmára. Látókép, 2008

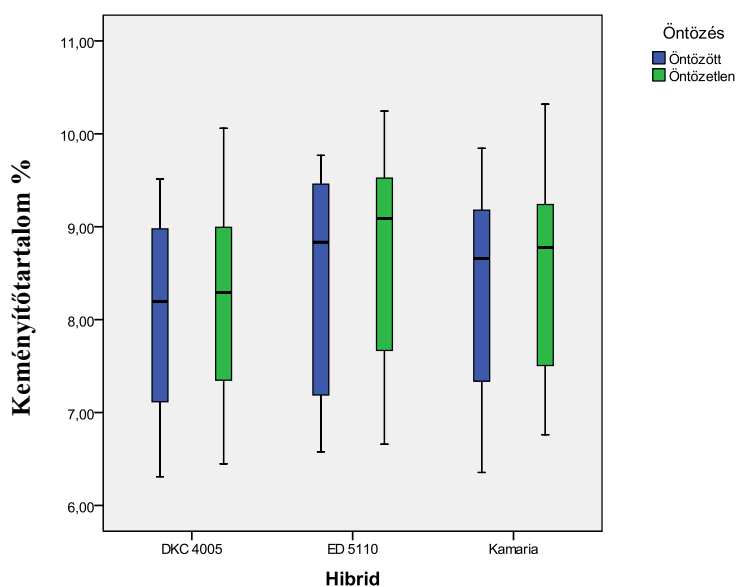


47. ábra: Az öntözés hatása a hibrdek szemtermésének keményítőtartalmára. Látókép, 2008



2008-ban az öntözés a vizsgált három kukorica hibrid szárazanyagra vonatkoztatott relatív keményítőtartalmának alakulására nem volt szignifikáns hatással. Az ábrákon (46., 47 ábrák) látható, hogy az egyes hibrdek öntözött és öntözetlen kezelésű mintáinak keményítőtartalma egymástól szignifikánsan nem különbözik. A három hibrid közül az öntözés hatására az ED5110 termésének keményítőtartalma növekedett az átlagot meghaladó mértékben.

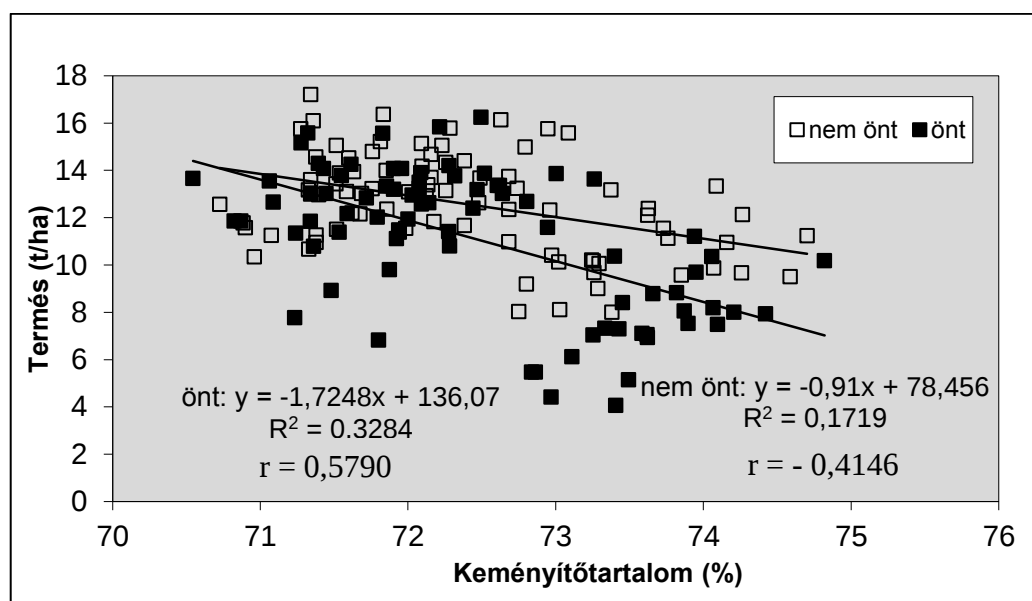
48. ábra: Az öntözés hatása a kukorica hibrdek fehérjetartalmára. Látókép, 2008



A 2008-ban a Látóképi Kísérleti Telepen a vizsgált hibrideknél az öntözés nem gyakorolt jelentős hatást a termés fehérjetartalmára. A három hibrid adatainak átlagában a fehérjetartalom 8,5 %-os volt (48. ábra).

4.5.3. A termés és keményítőtartalom összefüggése három hibridnél. Látókép, 2008

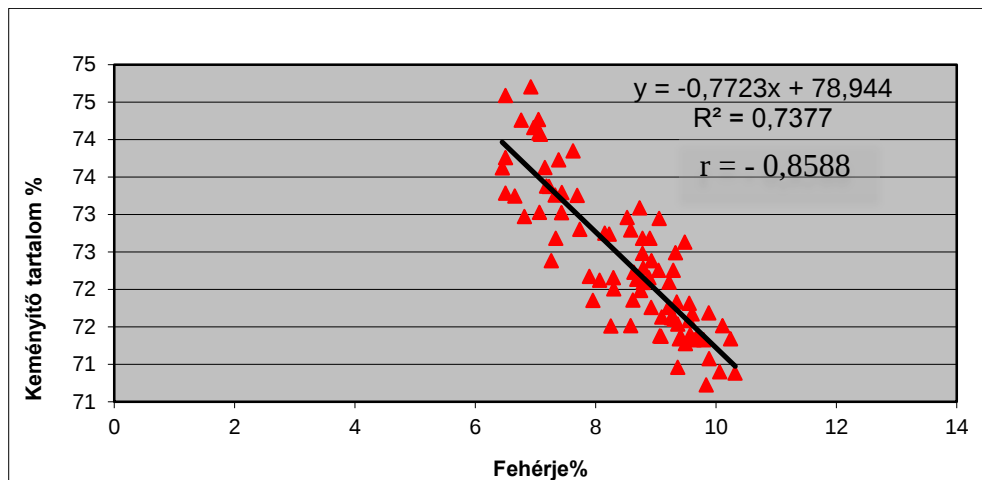
49. ábra: A termés és a keményítőtartalom összefüggése öntözött és öntöztelen viszonyok között. Látókép, 2008



Forrás: (Rátonyi et al., 2009)

A 2008-as Látóképi Kísérleti Telepen felállított kisparcellás kísérletsorozat eredményeiből kitűnik (49. ábra), hogy a kukorica terméshozama (t/ha) és a relatív keményítőtartalom között, öntözött és öntöztelen viszonyok mellett közepes negatív korrelációt tapasztaltam: r öntözött = - 0,5730, r öntöztelen = - 0,4146.

50. ábra: A keményítő- és fehérjetartalom korrelációja. Látókép, 2008



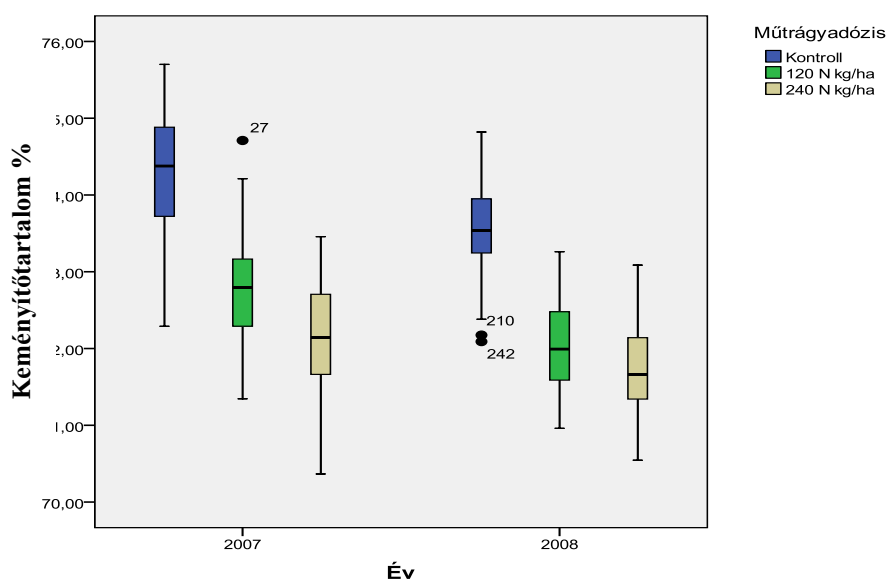
Forrás: (Rátonyi et al., 2009)

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 (50. ábra). Az $R^2=0,7377$ ($r = -0,8588$) viszonylag jól illeszkedik a trendvonalra. A vizsgált hibridek 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.

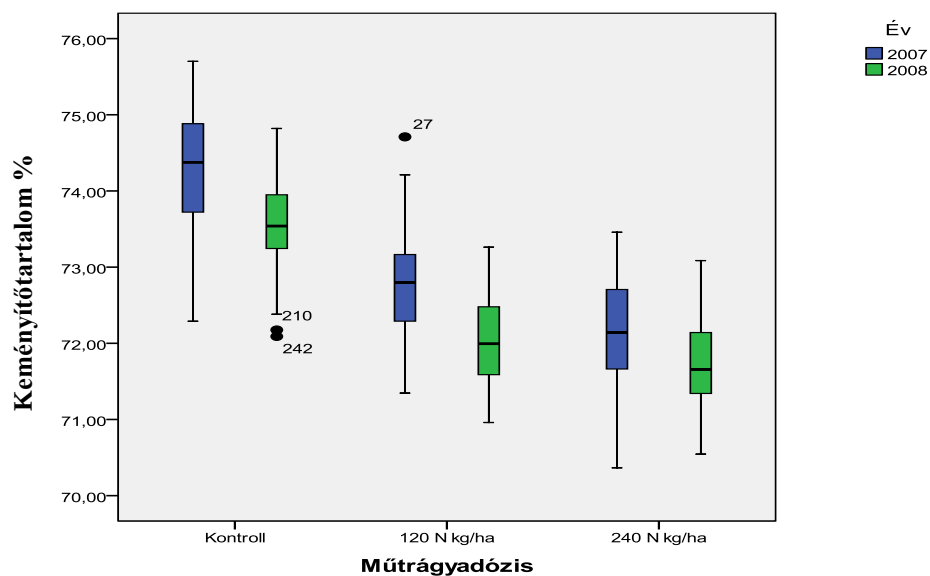
4.6. A termelési tényezők beltartalmi értékekre gyakorolt hatásainak összehasonlító elemzése a Látóképi Kísérleti Telepen termelt kukorica hibridek esetében (öntözés, műtrágyázás, talajművelés) 2007-ben és 2008-ban

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

51. ábra: A kísérleti évek műtrágyakezeléseinek hatása a hibridek szemterméseinek keményítőtartalmára. Látókép, 2008

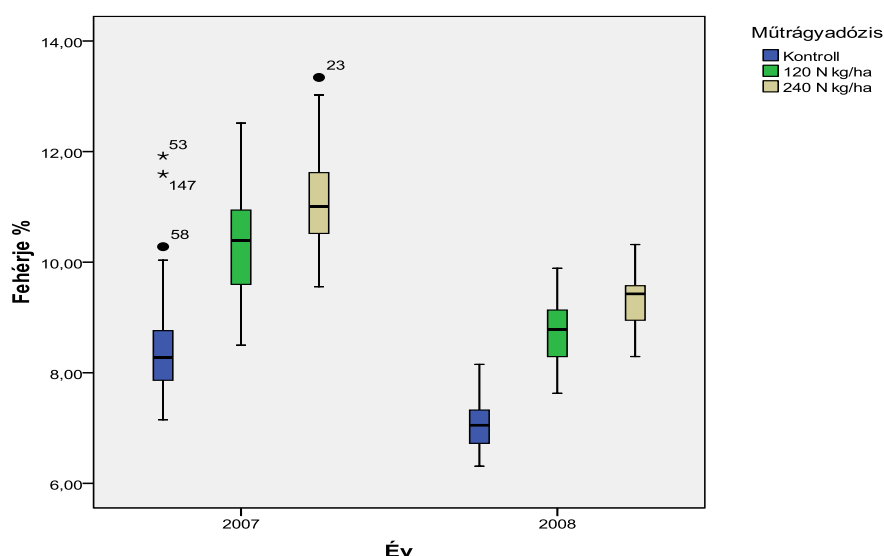


52. ábra: Az évjárat befolyása a műtrágyázás hatására. Látókép, 2008



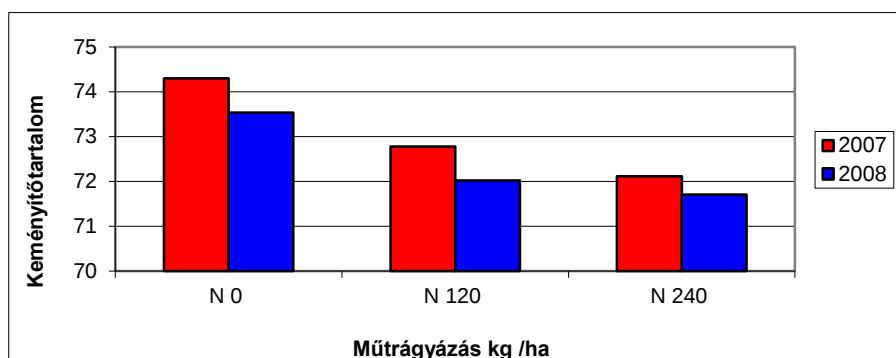
Az 51. és 52. ábrák a 2007-es és 2008-as kísérleti évek Látóképi Kísérleti Telepéről gyűjtött öt különböző kukorica hibridjei termésének a relatív szárazanyagra vonatkoztatott keményítőtartalmát a műtrágyázás függvényében ábrázolják. A két évben egy hibrid volt azonos, kettő nem. A 2007-es aszályos és 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-as kísérleti év során. A terméseredmények és az ebből származtatott hektáronkénti keményítőhozamok 2007-ben kevesebbek voltak, mint 2008-ban.

53. ábra: A két év műtrágyakezeléseinek hatása a hibridek szemterméseinek fehérjetartalmára együtt. Látókép, 2008



A két év mintáinak fehérjetartalmát vizsgálva (53. ábra) megállapítható, hogy a 2007-es kukoricatermesztés szempontjából rossznak mondható év során, a hibridek terméséből azonos műtrágyadózis mellett (0 N kg/ha, 120 N kg/ha, 240 N kg/ha) rendre magasabb fehérjetartalom volt kimutatható. A két év mintáinak fehérjetartalma között szignifikáns különbség volt. A műtrágyadózisok növelése a hibridek szemterméseinek fehérjetartalmát következetesen és megbízhatóan növelte. 2007-ben a három hibridben átlagosan 10 % körüli volt a szemek fehérjetartalma, ezzel szemben 2008-ban ez a mennyiség átlagosan csak 8 % körüli volt.

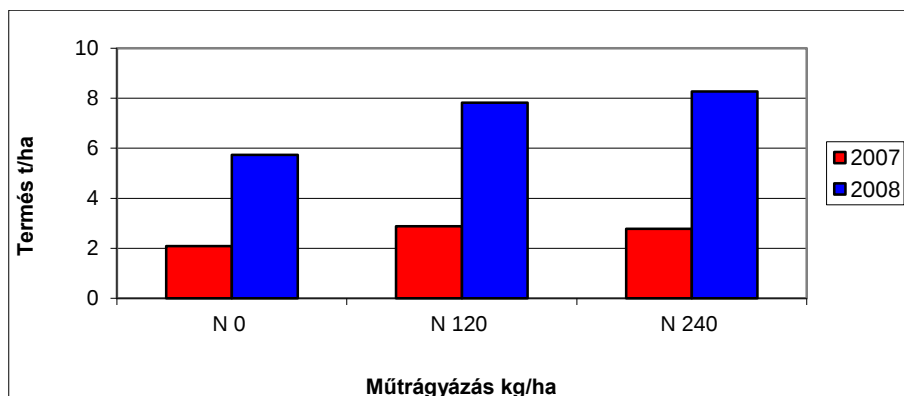
54. ábra: A műtrágyadózis növelésének hatása a hibrdek szemterméseinek keményítőtartalmára. Látókép, 2007-2008



Forrás: (Rátonyi et al., 2009)

A növekvő műtrágyadózis hatására mindkét évben szignifikánsan csökkent a hibrdek szemtermésének keményítőtartalma. A legnagyobb keményítőtartalom mindkét év műtrágyázatlan beállításában kezelt hibrdek esetében volt mérhető, a legalacsonyabb pedig a 240 N kg/ha-al kezelt mintáknál (54. ábra). Ettől függetlenül a műtrágyázásnak a keményítőhozamra gyakorolt hatása éppen ellenkező tendenciát mutatott mindkét kísérleti év során. Vagyis minél nagyobb dózisban adtak N műtrágyát, annál nagyobb a hektáronkénti keményítőhozam.

55. ábra: A műtrágyadózis növelésének a hibrdek termésére. Látókép, 2007-2008

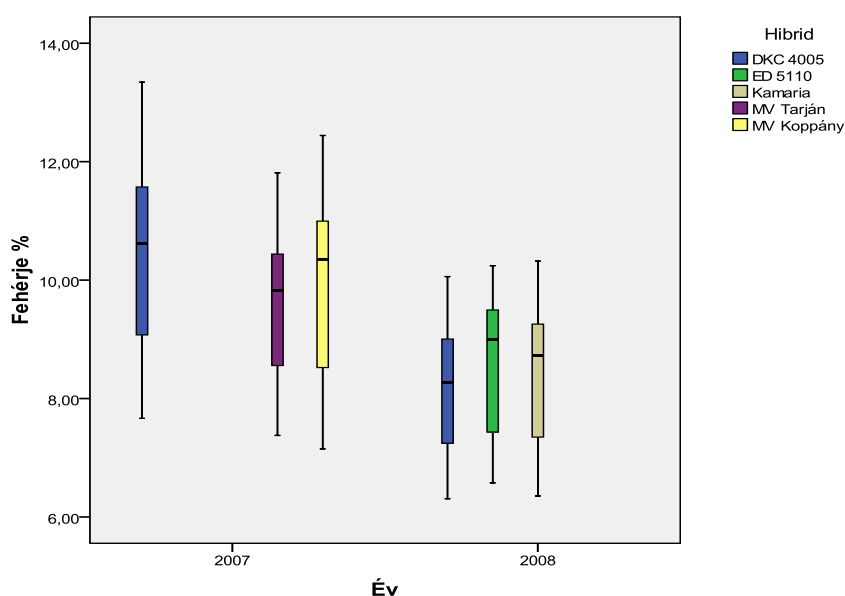


Forrás: (Rátonyi et al., 2009)

Az 55. ábrán láthatók a két kísérleti év során vizsgált kukorica hibrdek műtrágyakezelés hatásaira kialakult terméshozamának eredményei (t/ha). Az ábra tanulsága szerint a Látóképi Kísérleti Telepen az aszályos 2007-es és a jó

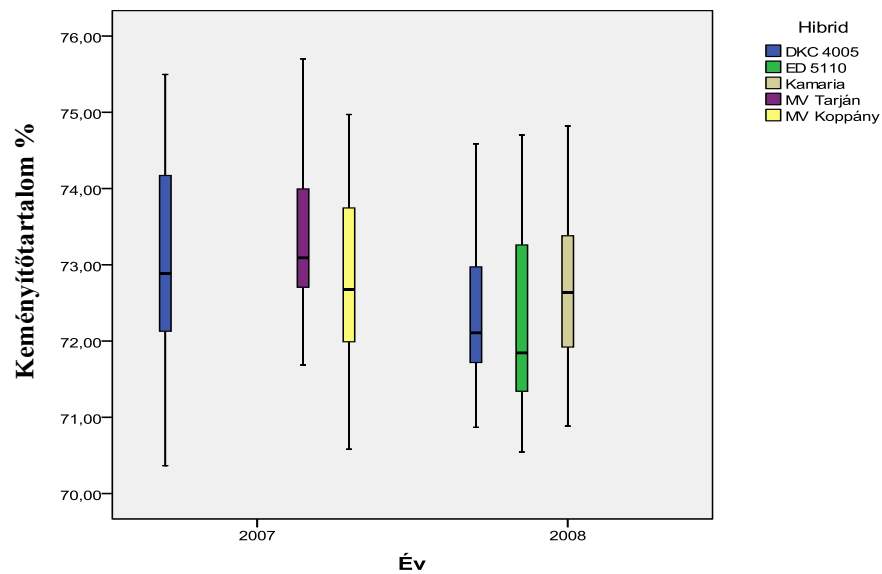
csapadékellátottságú 2008-as év termése között szignifikáns eltérés volt. A terméseredményekről megállapítható, hogy az időjárási viszonyoktól függetlenül a műtrágyadózis növelésével a terméseredmények is növekednek. Minkét évben a legkisebb termés a műtrágyázatlan kontrollon alakult ki. A műtrágyázás hatása a csapadékos időjárású 2008-ban nagyobb volt, mint az aszályos 2007-ben. A kontrollhoz viszonyított termést a 120 kg/ha dózis jelentősen növelte. A N további dózisznövelése kevésbé volt termésnövelő.

56. ábra: A hibridek szemtermésének fehérjetartalma. Látókép, 2007-2008



A 2007-es és 2008-as eltérő időjárás a hibridek szemtermésének fehérjetartalmát erőteljesen befolyásolta (56. ábra). A DKC 4005 hibrid termésében szignifikánsan magasabb fehérjetartalom alakult ki 2007-ben, mint 2008-ban. A másik két-két vizsgált hibrid esetében a tendencia azonos, miszerint a kevesebb csapadékot kapott kukorica termésében több fehérje keletkezett, mint a több csapadékot kapott kukoricában. Figyelembe véve a hibridek eltérő genetikai tulajdonságaiból származó különbségek hatásait az összehasonlítás ebben az esetben nem célravezető.

57. ábra: A hibridek termésének keményítőtartalma. Látókép, 2007-2008

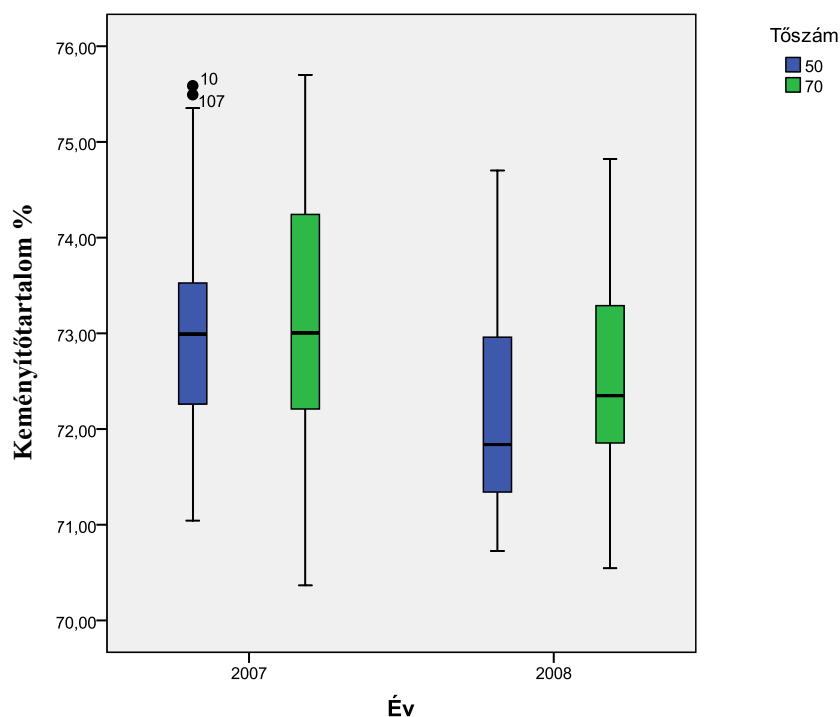


A két kísérleti évben öt eltérő kukorica hibrid szárazanyagra vonatkoztatott keményítőtartalmának alakulása az 57. ábrán látható. A DKC 4005 kukorica hibrid beltartalmi értékeinek vizsgálatakor kiderült, hogy a gyengébb csapadék ellátottságú 2007-ben termett mintában volt magasabb a relatív keményítőtartalom. A különbség a két év keményítőtartalma között nem éri el az 1 %-ot, így a különbség nem szignifikáns.

4.6.2. A tőszám hatása a 2007-es és 2008-as évek hibridjeinek beltartalmi értékeire

58. ábra: A tőszám hatása a hibridek szemtermésének keményítő tartalmára.

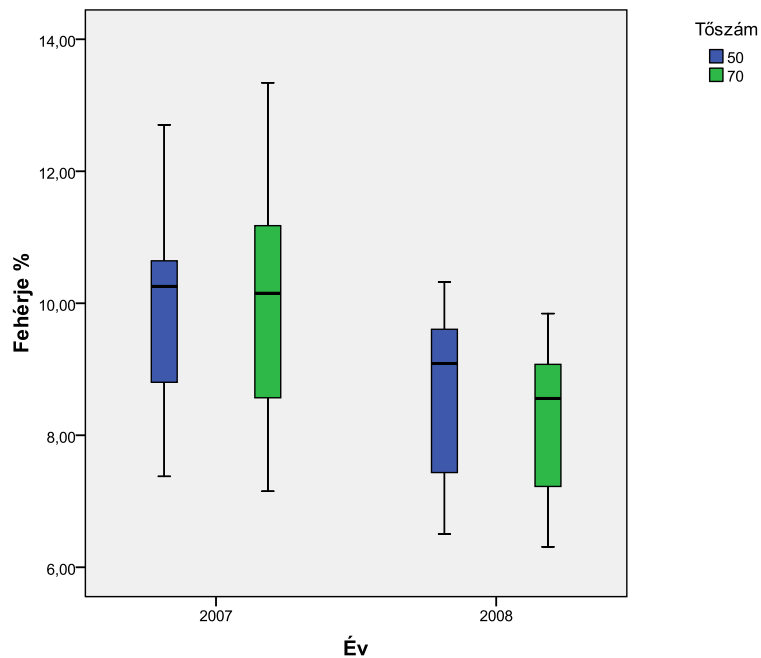
Látókép, 2007 – 2008



Az 58. ábra oszlopdiagramjai jelzik, hogy a szemtermés keményítőtartalmára az évhatás nagyobb volt, mint a tőszámhatás. Az aszályos 2007-ben a 70 ezer/ha növény szám a keményítőtartalmat nagyobb értékkel növelte, mint a kedvező csapadékelátottságú 2008-ban.

59. ábra: A tőszám szemtermés fehérjetartalmára gyakorolt hatása.

Látókép, 2007 – 2008

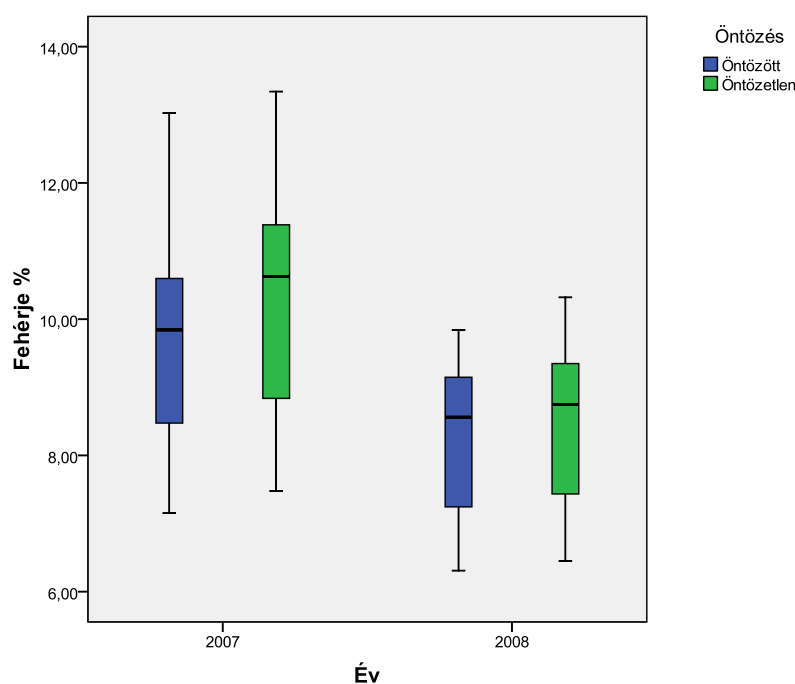


A vizsgálat két évében a tőszám fehérjetartalomra gyakorolt hatását az 59. ábra szemlélteti. 2007-ben a tőszám változás hatására nem lehetett szignifikáns különbséget kimutatni. Mind az 50 ezer/ha-os, mind a 70 ezer/ha-os tőszámú minták esetében a medián kicsivel 10 % fölött helyezkedett el. A két év összehasonlításakor megállapítottam, hogy a 2007-es, rendkívül súlyos aszályjal jellemezhető év során a hibridek szemtermésében több fehérje képződött, mint a 2008-as kevésbé csapadékhiányos év során. 2008-ban a vizsgált minták zömének fehérjetartalma 8-9 % közé esett. A 70 ezres tőszámú kísérleti beállításból gyűjtött minták esetében átlagosan 0,5 %-al kevesebb fehérje volt kimutatható, mint az 50 ezres tőszámból kikerülő mintáknál.

4.6.3. Az öntözés hatása 2007-ben és 2008-ban a Látóképi hibridek beltartalmára

60. ábra: Az öntözés hatása a szemtermés fehérjetartalmára.

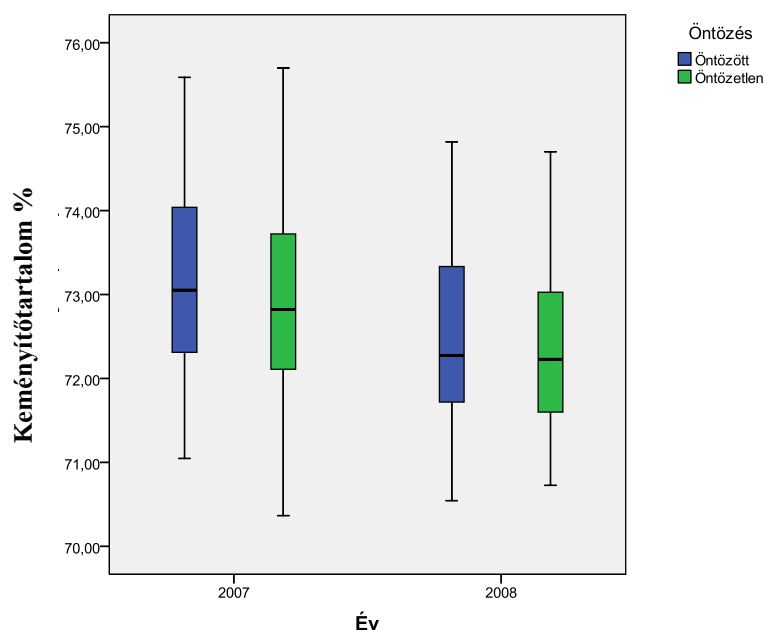
Látókép, 2007 – 2008



A vizsgált két évben a Látóképi Kísérleti Telepről gyűjtött minták fehérjetartalmának változását is vizsgáltam az öntözés tekintetében (60. ábra). A 2007-es esztendő eredményeit nézve megállapítottam, hogy az öntözetlen kezelés eredményeként a hibridek termésében több fehérje keletkezett, mint az öntözött parcellákon. A különbség azonban nem érte el az 1 %-ot. A 2008-ban év alatt gyűjtött mintákban ez a tendencia nem volt igazolható. Ebben az esetben nem alakult ki szignifikáns különbség az öntözött és öntözetlen minták között. Az átlagos fehérjetartalom mindkét esetben 8,5 % volt. A két év összehasonlítása során megállapítottam, hogy a 2008-ban vizsgálati év alatt gyűjtött hibridek termésének fehérjetartalma szignifikánsan kevesebb volt mind az öntözött mind az és öntözetlen kezelések esetében, mint 2007-ben.

61. ábra: Az öntözés hatása a szemtermés keményítőtartalmára.

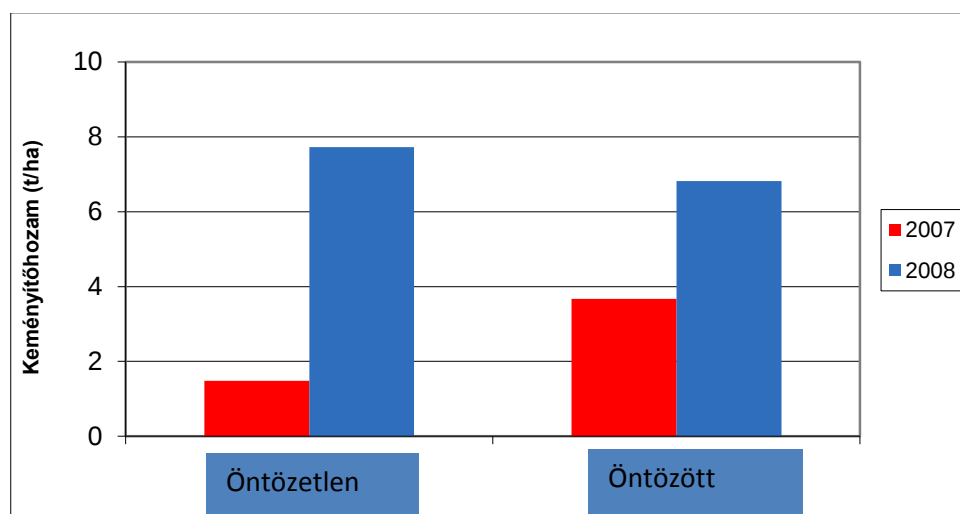
Látókép 2007-2008.



A vizsgált hibridek relatív keményítőtartalma a 2007-ben mind az öntözetlen mind az öntözött kezelések esetén magasabb volt, mint a jó csapadékelátottságú 2008-ban (61. ábra). A tendencia mindkét évben azonosságot mutatott, vagyis az öntözött hibridek termésében csekély keményítőtöbblet keletkezett, amely viszont egyik évben sem volt szignifikáns.

62. ábra: Az öntözés hatása a hibridek szemtermésének keményítőhozamára.

Látókép, 2007-2008.



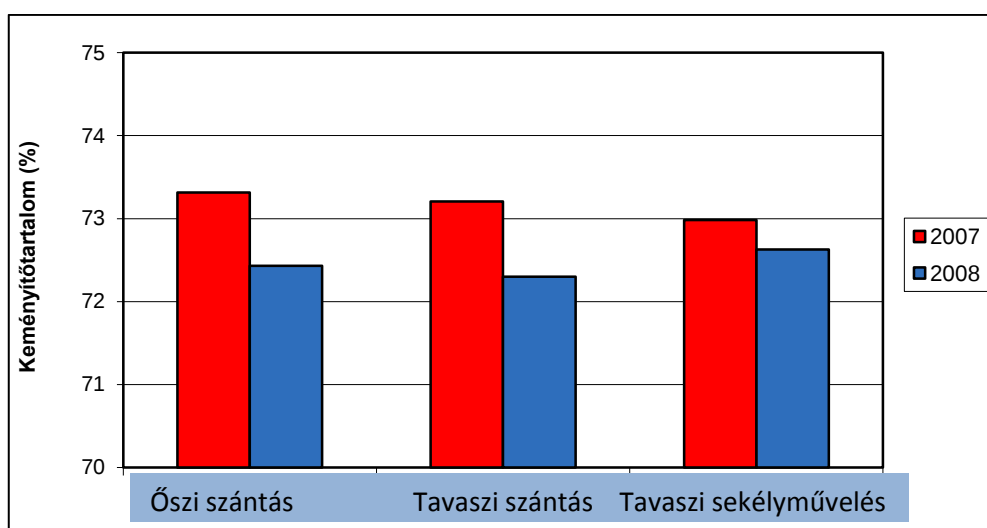
Forrás: (Rátonyi et al., 2009)

A hibrdek keményítőhozama (t/ha) esetében (62. ábra) az aszályos 2007-es évben az öntözés hatására szignifikáns terméstöbblet (2,2 t/ha) alakult ki. A jó csapadékelátottságú 2008-ban ezzel szemben az öntözés hatására közel 1 t/ha keményítőhozambeli csökkenést kaptunk.

4.6.4. A talajművelés hatása 2007-ben és a 2008-ban a Látóképi kísérletekben

63. ábra: A talajművelés hatása a hibrdek szemtermésének keményítőtartalmára.

Látókép, 2007-2008



Forrás: (Rátonyi et al., 2009)

A talajművelési változatok a hibrdek szemtermésének keményítőtartalmában nem okoztak szignifikáns eltéréseket (63. ábra, 18. táblázat).

18. táblázat: A General Linear Model keményítőtartalom eredményei. SPSS
statisztikai program eredeti ábrája

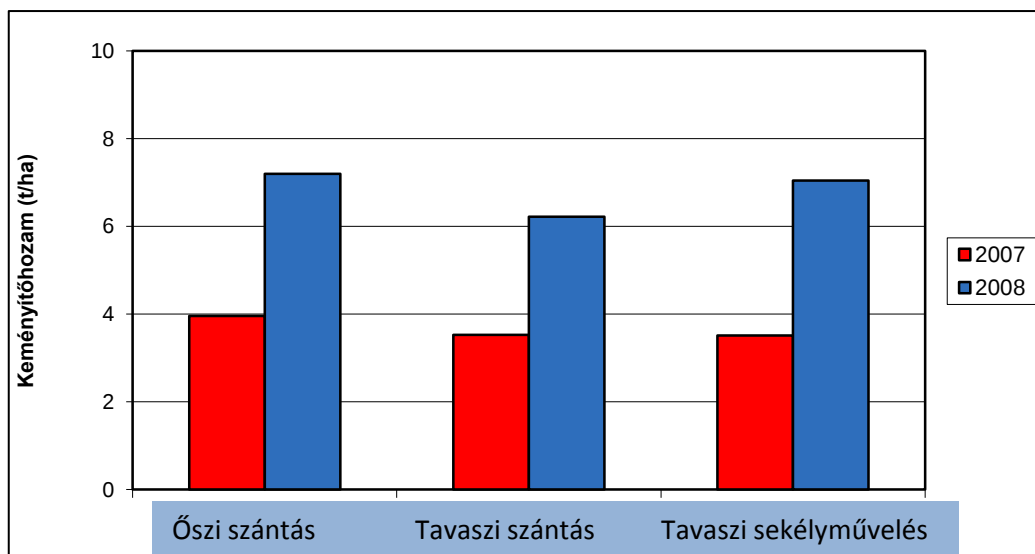
Dependent Variable: Starch content (d.m.%)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	275,651 ^a	11	25,059	59,080	,000
Intercept	1702483,484	1	1702483,484	4013805	,000
Year	33,130	1	33,130	78,109	,000
Tillage	1,623	2	,811	1,913	,149
Irrigation	1,801	1	1,801	4,246	,040
Fertilization	232,595	2	116,298	274,185	,000
Year * Tillage	3,985	2	1,993	4,698	,010
Year * Irrigation	,666	1	,666	1,570	,211
Year * Fertilization	2,360	2	1,180	2,782	,063
Error	131,489	310	,424		
Total	1704513,326	322			
Corrected Total	407,140	321			

a. R Squared = ,677 (Adjusted R Squared = ,666)

64. ábra: A talajművelés hatása a hibridek keményítőhozamára.

Látókép, 2007-2008



Forrás: (Rátonyi et al., 2009)

Az eltérő talajművelés szignifikáns hatással volt a kukorica hibridek hektáronkénti keményítőhozamára (64. ábra, 19. táblázat). Mindkét évben az őszi szántással művelt területéről takarítottuk be a legtöbb keményítőt. A tavaszi szántás és tavaszi sekélyművelés 2007-ben megegyező keményítőhozamokat eredményezett. A két év összehasonlításában a megegyező talajművelés hatására szignifikáns különbséget kaptunk. 2007-ben egyik talajműveléssel sem értük el a termés a 4 t/ha

keményítőhozamot. Ezzel szemben 2008-ban mind a három talajművelési móddal 6-7 t/ha keményítőtermést kaptunk.

19. táblázat: General Linear Model 2007-2008 Talajművelés hatásai a keményítőhozamra. SPSS statisztikai program eredeti ábrája

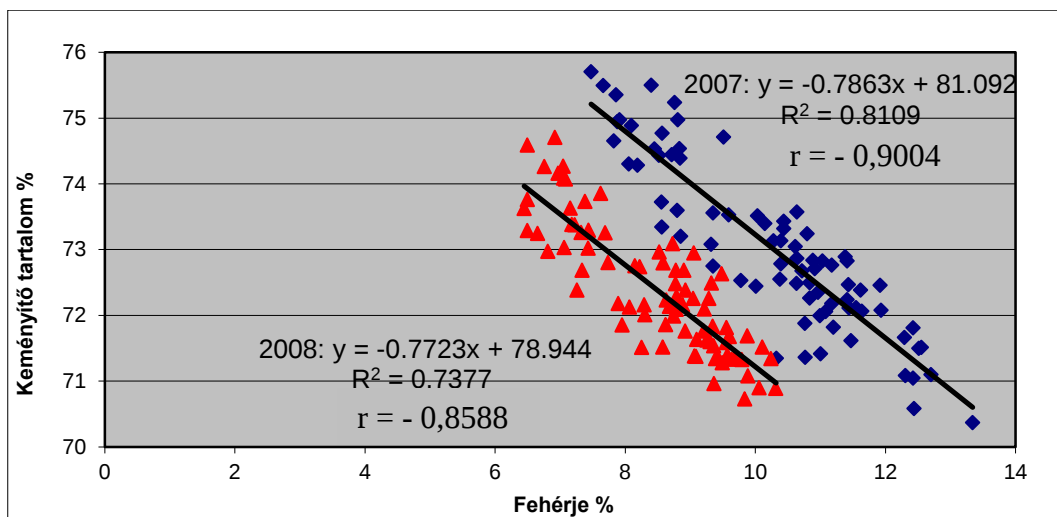
Dependent Variable: Starch yield (t/ha)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2236,856 ^a	11	203,351	159,103	,000
Intercept	7799,197	1	7799,197	6102,149	,000
Year	1782,138	1	1782,138	1394,358	,000
Tillage	23,110	2	11,555	9,041	,000
Irrigation	32,646	1	32,646	25,542	,000
Fertilization	161,736	2	80,868	63,272	,000
Year * Tillage	2,337	2	1,169	,914	,402
Year * Irrigation	191,792	1	191,792	150,060	,000
Year * Fertilization	52,039	2	26,019	20,358	,000
Error	396,213	310	1,278		
Total	10515,451	322			
Corrected Total	2633,069	321			

a. R Squared = ,850 (Adjusted R Squared = ,844)

65. ábra: A kukorica fehérje és keményítőtartalmának összefüggése.

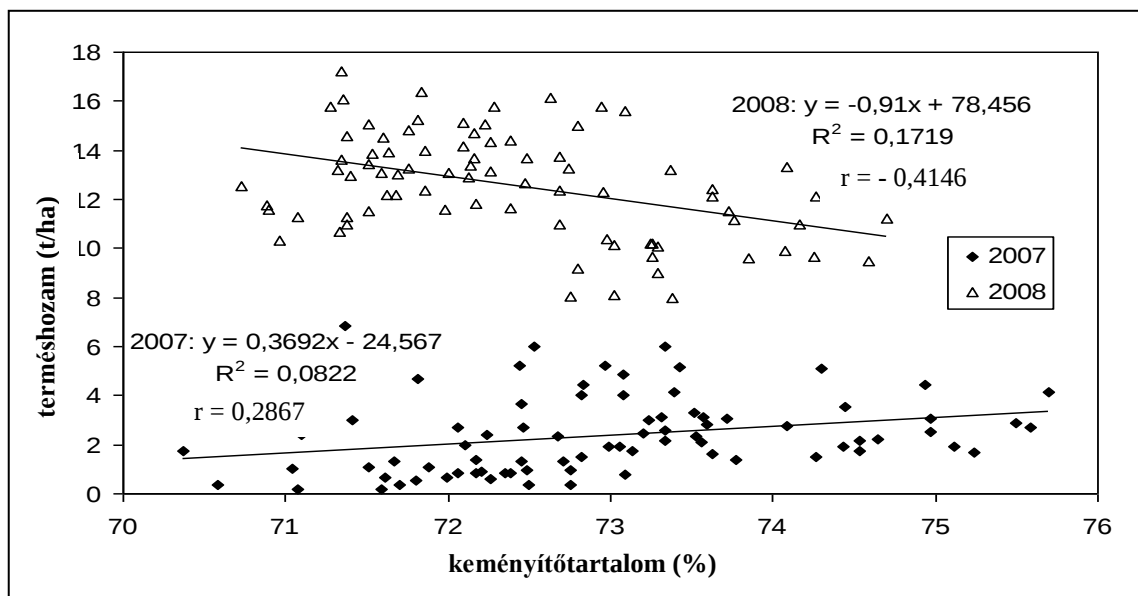
Látókép, 2007-2008



Lineáris regresszió alkalmazásával mutattam ki a két paraméter kapcsolatát a 2007-es és 2008-as minták mérési eredményeit felhasználva (65. ábra). A magas r és R^2 értékek alapján a regressziós egyenesek illeszkedése mindkét év eredményeit tekintve jónak mondható. Mindkét év során kimutatható volt a keményítő tartalom és a fehérjetartalom közötti negatív korreláció.

66. ábra: A kukorica hozama és keményítőtartalma közötti összefüggés.

Látókép, 2007-2008

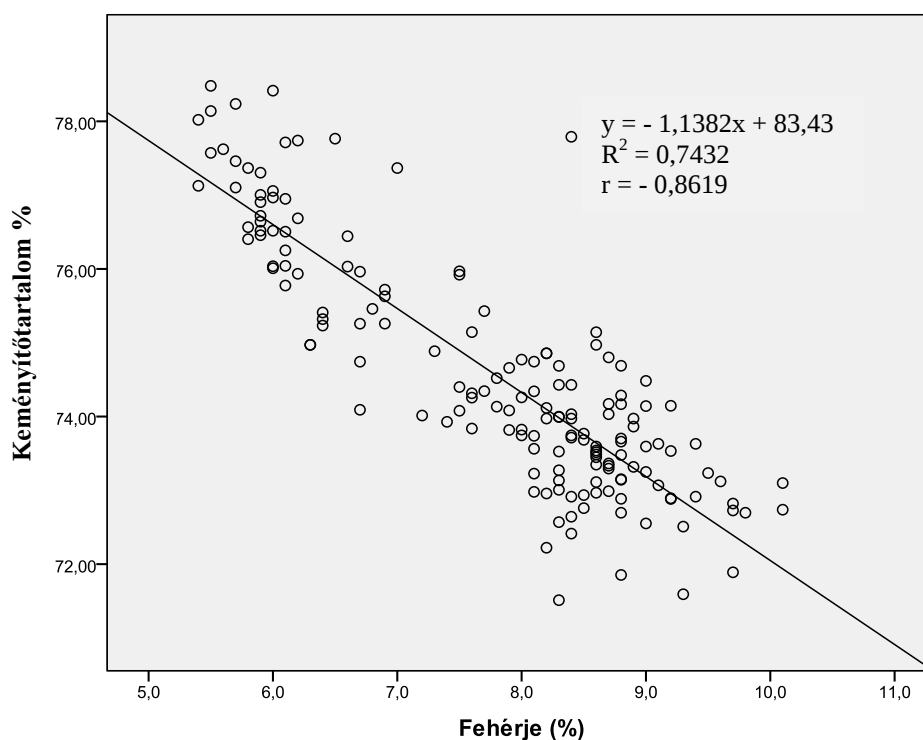


Forrás: (Rátonyi et al., 2009)

A terméshozamok és a szemtermés keményítőtartalma közötti összefüggések vizsgálásakor a 2008-as hibridek esetében közepes negatív korreláció volt megállapítható. Ezzel szemben 2007-ben pozitív korrelációt kaptunk. Tehát a hibridek terméshozamának növekedése a szemtermés keményítőtartalmának csökkenését okozta (66. ábra). A regressziós vonal illeszkedése az adatpontokra meglehetősen gyenge ($r = 0,2867$, $R^2 = 0,0822$), a két mért paraméter között lévő korreláció nem szignifikáns.

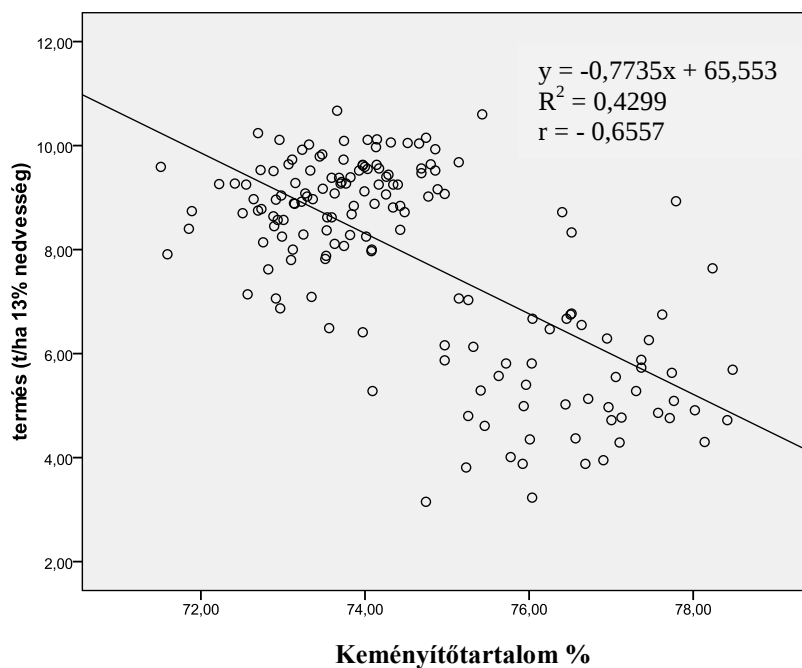
4.7. A termelési tényezők: öntözés, műtrágyázás, talajművelés hatása a Látóképi Kísérleti Telepen termelt három kukorica hibrid beltartalmi értékeire 2009-ben

67. ábra: A Spearman's féle korrelációanalízis a keményítőtartalom és a fehérjetartalom összefüggésére. Látókép, 2009



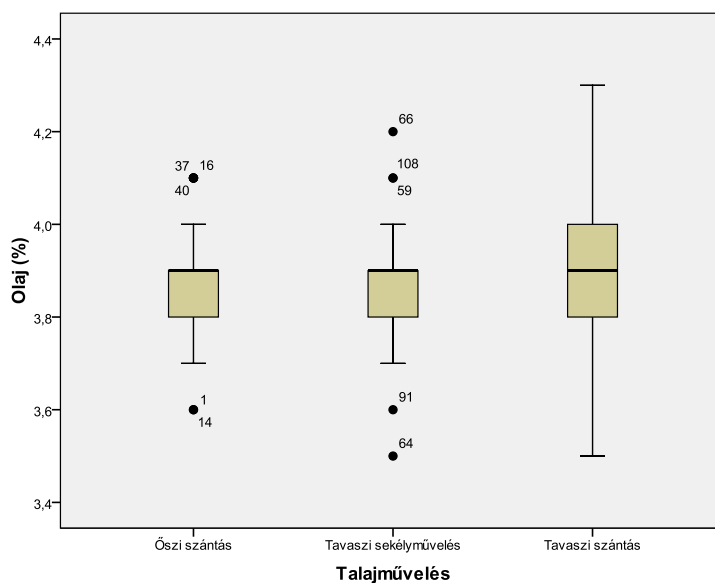
2009-ben a Látóképi Kísérleti Telepről begyűjtött három kukorica hibrid keményítőtartalma és fehérjetartalma között fennálló kapcsolatot a 67. ábra mutatja. A negatív korreláció megállapítása mellett az is elmondható, hogy az r és R^2 ($r = -0,8619$, $R^2 = 0,7432$) értékek értelmében az adatpontok a regressziós egyenesre jól illeszkedtek. A vizsgált minták túlnyomó része 8-9 % fehérje tartalom mellett 72-73,5 % keményítőt tartalmazott.

68. ábra: A hibridek termés hozamának és a szemtermés keményítőtartalmának összefüggése. Látókép, 2009



A termés és keményítőtartalom alakulásának összefüggése szerint (68. ábra) negatív korreláció állapítható meg. Vagyis a magas terméshozamokhoz (9-10 t/ha) alacsony keményítőtartalom (72-74 %) párosult. A regressziós vonal illeszkedése gyenge ($R^2 = 0,4299$, $r = -0,6557$). A magas keményítő tartalmú (76-78 %) minták terméseredményei elmaradtak az átlagtól (9,2 t/ha).

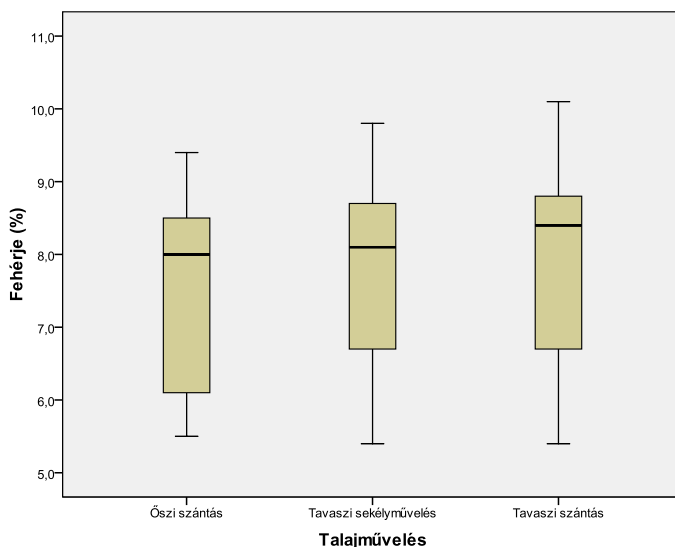
69. ábra: A talajművelés hatása a hibridek szemtermésének olajtartalmára. Látókép, 2009



2009-ben a kukorica hibridek beltartalmi értékei közül az olajtartalmat is vizsgálva megállapítottam, hogy a talajművelési változatok nem gyakoroltak szignifikáns hatást. A hibridek olajtartalma leggyakrabban 3,8-3,9 % között változott (69. ábra).

70. ábra: A talajművelés hatása a hibridek szemtermésének fehérjetartalmára.

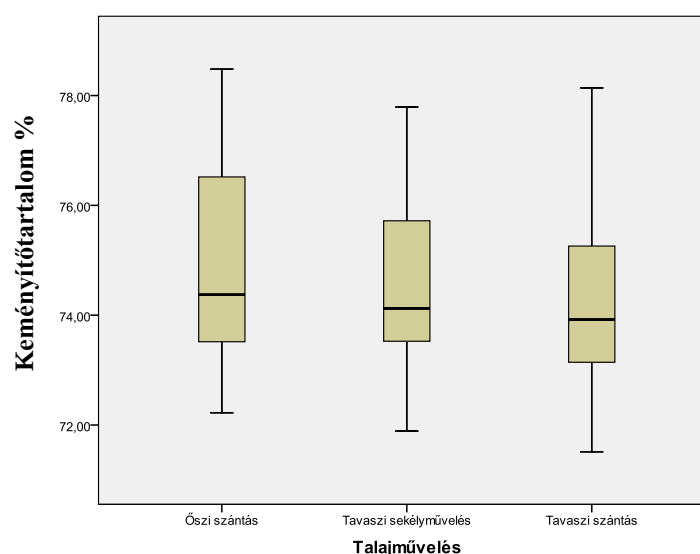
Látókép, 2009



A magas fehérjetartalom elérését vizsgálva a tavaszi szántás kicsivel eredményesebbnek mutatkozott a másik két talajművelési változatnál. A három talajművelés és a hibridek fehérjetartalma közötti hatás nem szignifikáns (70. ábra). A három talajművelési kezelés közül az őszi szántású parcellákról gyűjtött minták tartalmazták a legkevesebb fehérjét (átlagosan %-ot).

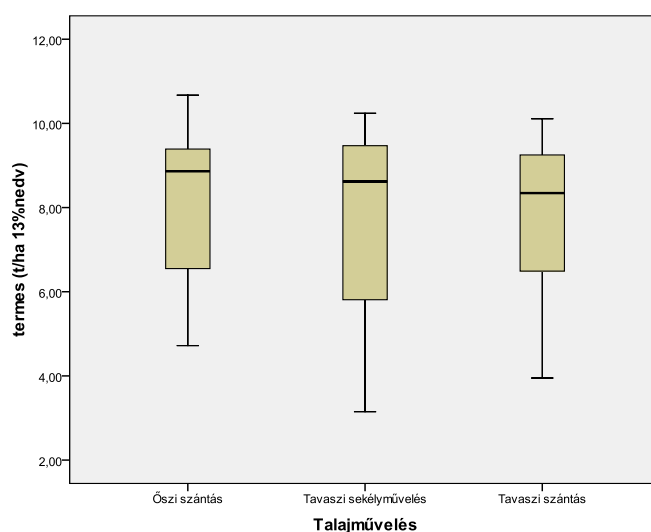
71. ábra: A talajművelés hatása a hibridek szemtermésének keményítőtartalmára.

Látókép, 2009

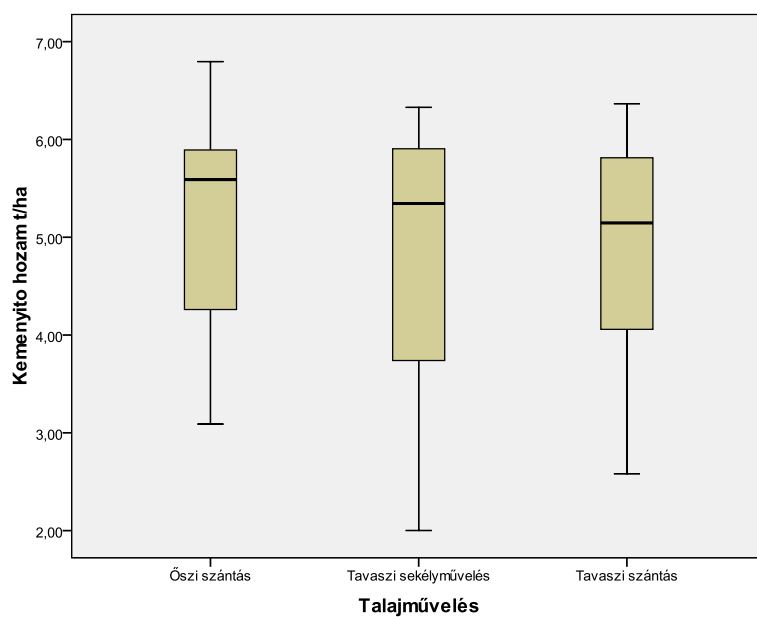


2009-ben a talajművelési kezelések a termés beltartalmi mutatóinál (többek között a keményítőtartalomnál sem) nem okoztak szignifikáns különbségeket. Néhány tized százaléknyi különbség volt csupán mérhető az őszi szántású kukorica hibridek javára a szárazanyagra vonatkoztatott keményítőtartalom esetében (71. ábra). 2009-ben a legtöbb vizsgált minta keményítőtartalma 74,2 %-osnak bizonyult. A tavaszi szántás parcelláiról gyűjtött minták keményítőtartalma volt a legalacsonyabb.

72. ábra: A talajművelés hatása a hibridek terméshezamára. Látókép, 2009

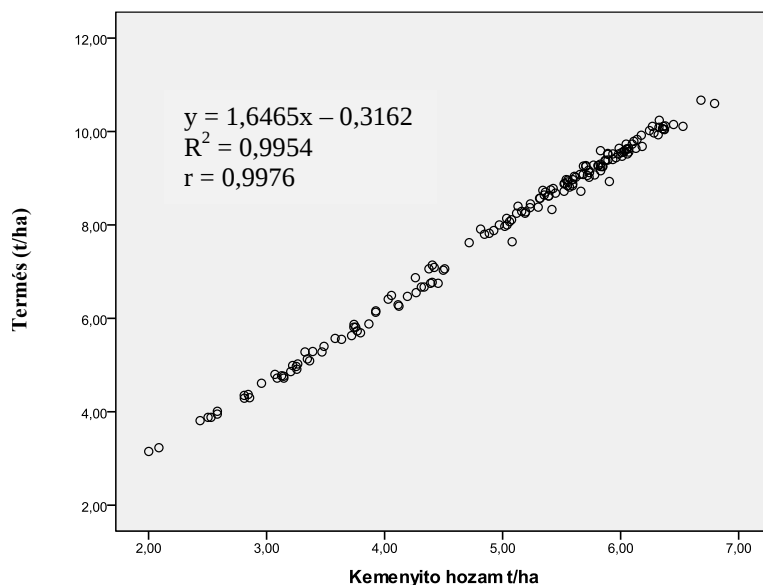


73. ábra: A talajművelés hatása a hibrdek keményítőhozamára. Látókép, 2009



A box-plot diagram mennyiségi ismerv eloszlásának vizsgálatakor megállapítható, hogy a hibrdek mediánja egyik talajművelési változat alkalmazásakor sem különbözött szignifikánsan egymástól. A 2009-ben kísérleti évben az őszi szántás keményítőhozamra gyakorolt hatása elhanyagolhatóan volt kedvezőbb a másik két talajművelési módszernél (72., 73. ábrák).

74. ábra: A hibridek keményítőhozamának (t/ha) és terméshozamának (t/ha) korrelációja. Látókép, 2009



A terméshozam és a keményítőhozam összevetésekor szignifikáns pozitív korreláció mutatkozott (74. ábra). A regressziós vonal nagyon jól illeszkedett az adatpontokra, amint ezt az $R^2 = 0,9954$ és $r = 0,9976$ értékek mutatják. A különböző kezelésű hibridek túlnyomó hányada 8,8 t/ha-os terméshozam mellett, 6,3 t/ha-os keményítőhozamot eredményezett, a jó csapadék ellátottságú 2009-es évben.

5. MEGBESZÉLÉS

A kukorica közismerten a magyar mezőgazdaság egyik meghatározó gabonafajtája. Két legfontosabb alkalmazási területe az elmúlt évtizedekben és napjainkban egyaránt a hazai állattenyésztés takarmányigényének biztosítása, másrészt az exportpiaci kereslet kielégítése. Emellett élelmiszeripari felhasználása is jelentős.

Napjainkban világszerte egy további alkalmazási terület térnyerésével kell számolnunk. A világszerte csökkenő nyersanyag készletek egyre nagyobb mértékben teszik szükségessé az alternatív energiahordozók alkalmazását, köztük a bioetanolét (Nagy, 2007a). Bioetanolt kukoricából egyre nagyobb mennyiségben állít elő a feldolgozóipar. A legnagyobb termelők mellett az Európai Unió országaiban is egyre markánsabban jeleneik meg az igény a bioetanol előállításra szolgáló kukorica termesztése iránt. Addig azonban, amíg az Egyesült Államokban és az amerikai kontinensen elsősorban génmódosított hibrideket választottak ki és használnak fel a bioetanol üzemekben, addig Európa más utat választott. A génmódosított kukoricák megjelenése kihívást jelent az Európai Unióban meghatározó, hagyományos úton előállított hibridek és általában a mezőgazdasági termelés számára. Olyan fajtákat kell találni, amelyek az igen heterogén európai termőhelyeken, azok tulajdonságait figyelembe véve versenyképesek lehetnek a génmódosított kukorica-hibridekkel. Doktori értekezésemben a Debreceni Egyetem AGTC vonzáskörzetébe tartozó termőterületeken termesztett kukorica-hibridek szemtartalmának beltartalmi értékeit elemeztem – elsősorban a bioetanol előállítás szempontjából meghatározó keményítőtartalmat illetően.

2007 és 2009 között, nemzetközi összehasonlításban elsők között vizsgáltam, a NIT technikával működő Foss Infratech Grain Analyzer műszer segítségével 22 eltérő termőterületről származó 176 kukorica hibrid szemtermését, amely összesen 512 mintát jelentett. Az analitikai technikában egyre kiterjedtebben alkalmazott NIR/NIT módszer alapján működő mérések. A várakozásnak megfelelően a near-infrared módszer segítségével viszonylag rövid idő alatt, igen jelentős kukoricaminta beltartalmi értékeinek pontos meghatározására nyílt lehetőség, amely többféle mezőgazdasági és agrotechnikai szempont komplex és gyors elemzését segíti elő. A NIT technikával működő mérőműszer képes a szemtermés 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, illetőleg az adott minta hektoliter tömegének mérését is elvégzi. A NIR spektroszkópiával történő elemzés megbízhatóságát a kukoricaszemek összetétele tekintetében kínai szerzők, a kémiai módszerekkel történő analízishez hasonló pontosságúnak találták (Wei et al., 2005). Rajtuk kívül viszonylag kevés szerző alkalmazta a NIR spektroszkópiás módszert a kukoricaszemek keményítő tartalmának elemzésére (Hames et al., 2003; Mentink et al., 2006). Az agráripárban, ezen belül a kukoricatermés 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 jelenítem meg a doktori értekezésemmel. Hasonló, de más szempontból történő elemzéseket a módszer alkalmazásával munkacsoportunk jelenleg is végez. Ennek első eredményei egy szakdolgozatban láttak napvilágot (Bánszki, 2008). Mérési eredményeim is igazolják, hogy a Foss Infratech Grain Analyzer műszerrel évről-évre jelentős mennyiségű minta nagy pontossággal vizsgálható. 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 és összehasonlítására a régebbiekkal és külföldi versenytársaikkal.

Dolgozatomban ennek megfelelően elsőként volt módom 10 új hazai kukorica-hibrid szemtermésének összetételét meghatároznom. További jelentős előnynek tarthatjuk, hogy a módszer segítségével az eltérő termőterületek és éghajlati körülmények hatása akár több százas vagy ezres mintaszám pontos vizsgálatával elemezhető. Végül, de nem utolsó sorban a módszer arra is alkalmas, hogy azonos termőterületen termelt, azonos genetikai tulajdonságú hibrid esetén elemezzük a különféle agrotechnikai eljárások hatékonyságát és gazdaságosságát. A módszer gyors kivitelezése további lehetőséget nyújt arra is, hogy minták begyűjtésével akár napi pontossággal meghatározhassuk az aratás kívánatos időpontját.

Ismert, 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. Az 512 vizsgált minta legszembetűnőbb tulajdonsága a heterogenitás volt. A vizsgált szemtermés minták beltartalmi értékei, köztük keményítő

tartalma széles határok között változott. Ez a megállapítás igaznak bizonyult akkor is, ha elemzésünk akár az azonos évekből, akár az azonos termőhelyekről, akár a különböző évek, különböző termőhelyeiről származó, de azonos kukorica-hibrid szemtermés mintáinak beltartalmi értékeire vonatkozott. Ez a megfigyelés arra ösztönzött, hogy megvizsgáljam a külső tényezők szerepét az egyes kukorica-hibridek szemtartalmának keményítő tartalmára, egyéb beltartalmi összetevőire, illetőleg az egyes összetevők között fennálló összefüggésekre. Munkatervemet vizsgálataimmal kétféle kísérletes megközelítéssel igyekeztem megvalósítani. Három egymást követő évben elemeztem 22 termőterületről származó 512 kukorica-hibrid szemtermésének beltartalmát, különös tekintettel a három vizsgálati év csapadékosságára, illetőleg az eltérő termőhelyekről származó azonos hibridek szemtermésének alakulására. Másrészt kisparcellás kísérletek keretében vizsgáltam hat, a Látóképi Kísérleti Telepen termesztett kukorica-hibrid szemtermésének beltartalmi értékeit az egyes évekre jellemző időjárási, öntözési, tápanyag-visszapótlási viszonyok és talajkezelési eljárások tükrében 2007 és 2009 között. Közleményeimben és a doktori értekezésben a figyelmet elsősorban a bioetanol előállítás szempontjából legjelentősebb összetevőre, a keményítő tartalomra fordítottam. Kapcsoltan más fontos beltartalmi tulajdonságok mérését és a keményítőtartalommal való összefüggését is végeztem.

A 2007-es Látóképi minták adatainak értékelése

Annak ellenére, hogy a műtrágyázatlan kisparcellás kísérletben szereplő fajtáknak nagyobb a keményítő koncentrációja, a keményítőhozam a kisebb termés miatt alacsonyabb volt, mint a nagyobb termés mellett, kisebb keményítő tartalmat elért műtrágyázott parcellákon. Az eredmények rámutattak, hogy a műtrágyázás esetében a 120 kg N/ha dózis volt a legkedvezőbb a kukoricaszemek magasabb keményítőtartalmának eléréséhez (*Kiss and Andorkó, 2008*). A 2007-es év kukoricatermésének mennyiségi és minőségi paramétereit alapvetően meghatározta az a körülmény, hogy a csapadék mennyisége nem érte el a sokéves átlagot. A kísérletben szereplő kukorica hibridek terméseredményei elmaradtak az elvárt szinttől, amely a tenyészidőszakban jelentkező szárazságnak és légköri aszály hatásának tudható, noha a vízellátottság nem befolyásolta lényegesen a hibrid szemtermésének a keményítőtartalmát. Az öntözés hatása nem eredményezett szignifikáns különbséget a

szemek keményítőtartalmának alakulására. Ugyanakkor a termés mennyisége miatt növekvő keményítőhozam az öntözés végzését javasolja.

A különböző agrotechnikai körülmények között termesztett három kukorica hibrid relatív fehérjetartalma szignifikáns, negatív korrelációt mutatott a vizsgált hibridek relatív keményítőtartalmával. A negatív korreláció tényén nem változtatott sem a hibridek genetikai tulajdonsága, sem az alkalmazott különféle agrotechnikai műveletek. A mérési eredmények tehát arra utalnak, hogy a kukoricaszemek relatív fehérjetartalma a relatív keményítőtartalom rovására növekedett.

A 2008-as Látóképi minták adatainak értékelése

2008 időjárása jobban megfelelt a sikeres kukoricatermesztésnek, mint 2007 aszályos körülményei. Ez elsősorban a terméseredményekben mutatkozott meg: a vizsgált hibridek terméshozama 2008-ban valamennyi kísérletes beállításban jelentősen meghaladta 2007 azonos kísérletes beállítású terméshozamait. Így például a kontroll (0 N kg/ha) parcellák összesített terméshozama 2007-ben 2,1 t/ha volt, addig 2008-ban csaknem 6 t/ha volt. A terméshozamok 120 N kg/ha műtrágyadózis mellett 2007-ben 2,9 t/ha-ra, 2008-ban csaknem 8 t/ha-ra emelkedtek (Kiss, 2012a). Kétszáznegyven N kg/ha műtrágyadózis egyik évben sem eredményezett további lényeges terméshozam növekedést. A csapadékmennyiség, ezáltal a talaj vízkészlete nagyban befolyásolta a keményítőhozamok alakulását is. Megállapítható ugyanakkor, hogy a kísérletes körülmények között 2008-ban, szemben a 2007-es évvel, az öntözött parcellákban csökkent a hektáronkénti keményítőhozam az öntözetlen parcellákéhoz képest. A csökkenés biológiai okának egyik lehetséges magyarázata a nitrogénforrás talajbeli felhígulása, amelyet a talajban felhalmozódott vízkészlete okozott. A száraz 2007-es évhez hasonlóan a műtrágyázás 2008-ban is csökkentette a szemtermések relatív keményítőtartalmát, ugyanakkor a terméshozam növelése révén az előző évben megállapított 120 N kg/ha hatóanyag tartalmú műtrágya dózisú kezelés kedvező hatását 2008-ban is megállapíthattuk. A szemtermés keményítő és fehérje tartalma 2008-ban is az előző évhez hasonló, erős negatív korrelációt mutatott. A tőszám beállítása egyik vizsgálati évben sem befolyásolta szignifikánsan a szemtermések keményítő- és fehérjetartalmát. Hasonlóképpen nem találtam jelentős különbséget a talajművelési eljárások és a szemtermések keményítőtartalma között a két vizsgálati évben. Ugyanakkor az eltérő talajművelés a terméshozamokra kifejtett hatása révén

szignifikáns hatást gyakorolt a hektáronkénti keményítő hozamra. Mindkét év során az őszi szántással kezelt termőterületről történt a legnagyobb keményítőhozamú termés betakarítása. Nem magyarázható egyszerűen a 2007- és 2008-ban észlelt eltérő előjelű korreláció a szemtermések keményítőtartalma és a termés hozamok között. Amíg 2007-ben a keményítőtartalom és a termés hozam gyenge pozitív összefüggésben álltak egymással, addig 2008-ban az összefüggés negatív előjelűvé vált. A lehetséges magyarázat a két év elértő időjárásában és elsősorban azok csapadékosságából eredő eltérő talajvízbőségben kereshető. A kísérletes körülmények változtatásával – az öntözés hiányával vagy meglétével – megfigyeltem, hogy a bővebb talajvízkészlet csökkenti a szemtermések keményítőtartalmát, ugyanakkor növeli a termés hozamot és ezáltal a keményítőhozamot is. A két hatás ellentétes tendenciája eredményezhette az eredő összefüggés eltérő előjelét (irányát) 2007-ben és 2008-ban.

A 2009-es Látóképi minták adatainak értékelése

2009-ben a Látóképi Kísérleti Telepről begyűjtött három kukorica hibrid termésének szárazanyagra vonatkoztatott keményítőtartalma és fehérjetartalma közötti összefüggés hasonlóan alakult, mint 2007- és 2008-ban. A negatív korreláció megállapítása mellett az is elmondható, hogy a regressziós egyenes jól illeszkedett az adatpontokra. A vizsgált minták túlnyomó része 8-9 %-os fehérje tartalom mellett 72-73,5 %-ban tartalmazott keményítőt.

A termés és keményítőtartalom összefüggése szerint negatív korreláció állapítható meg. A magas termés hozamok (9-10 t/ha) mellé alacsony relatív keményítőtartalom (72-74 %) párosult. A magas keményítő tartalmú (76-78 %) minták termés eredményei jelentősen elmaradtak az átlagtól (9,2 t/ha), amelyekben a relatív keményítőtartalom átlagosan 73 % volt.

A 2009-es kukorica hibridek szemtermésének beltartalmi értékei közül az olajtartalmat vizsgálva megállapítottam, hogy a talajművelési változatok egyik esetben sem gyakoroltak szignifikáns hatást. A hibridek olajtartalma leggyakrabban 3,8-3,9 % között alakult. Az olajtartalomnál (3,5-4,3 % között) a tavaszi szántás parcelláin termett hibridek mintáiban volt a legnagyobb szórás.

A magas fehérjetartalom elérését vizsgálva a tavaszi szántás valamivel eredményesebbnek mutatkozott a másik két talajművelési változatnál. A három talajművelési mód és a hibridek fehérjetartalma közötti hatás nem volt szignifikáns. A

három talajművelési kezelés közül az őszi szántású termőterületről gyűjtött minták tartalmazták a legkevesebb fehérjét. Átlagosan 8 %-ot.

Megállapítottam továbbá, hogy a talajművelés kezelése a kukorica beltartalmi értékeire nem gyakorolt szignifikáns hatást. Még a keményítőtartalomra sem. 2009-ben a legtöbb vizsgált minta keményítőtartalma 74,2 % volt. A keményítő tartalom a tavaszi szántás parcelláin volt a legalacsonyabb. A terméshozam és a keményítőhozam összevetésekor szignifikáns pozitív korreláció mutatkozott. Az eltérő kezelések esetén a hibridek túlnyomó része a jó csapadék ellátottságú 2009-ben 8,8 t/ha termés mellett hektáronként 6,3 t keményítő-termést adott.

Azonos hibridek eltérő termőterületekről begyűjtve 2007, 2008, 2009-ben

Az egymást követő években a teljesen megegyező talajokon termesztett hibridekben a beltartalmi paraméterek értékei változtak. Köztük a keményítő tartalom is. A hibridek szemtermésének eltérő keményítőtartalmaért és egyéb beltartalmi értékek kialakulásáért elsősorban az évek különböző időjárása adhat magyarázatot. A csaknem teljes mértékben évről évre megegyező műtrágyakezelés és alkalmazott agrotechnika a kukorica fejlődésére és beltartalmi paramétereinek változására feltehetően hasonló hatást fejt ki. A megváltozott vízellátottságú talaj és egyéb eltérő időjárási faktorok nagy szerepet játszanak a kukorica hibridek termésének beltartalmi összetevőinek, köztük a keményítőtartalom képződésében. A 2007-, 2008-, és 2009-es évek során hajdúböszörményi talajon termelt azonos fajtájú vizsgált hibridek közül a Jhb és Khb kódjelű fajtákban a 2007-es aszályos év alatt nagyobb keményítőtartalom képződött, mint a jó csapadék ellátottságú 2008-ban. Az Lhb kódjelű hibridnél ezzel szemben a csapadékosabb, kedvezőbb időjárási feltételekkel jellemezhető 2008-as évben mértünk minimális különbséggel magasabb keményítőtartalmat. Az évről évre eltérő körülmények hatására változó beltartalmi összetevők mérésével igazolni tudom, hogy nem minden kukorica hibrid reagál egyformán a termesztési körülményekre. Bizonyos hibridekben a több csapadék hatására több, míg más hibridekben kevesebb keményítő, olaj vagy fehérje keletkezik. Összességében azonban megállapítható, hogy a jó terméseredményű 2008-ban keletkezett hektáronkénti keményítőhozam még az alacsonyabb keményítőtartalom mellett is nagyobb volt, mint 2007-ben. A mérési eredmények alapján optimális termesztési körülményeket állapítottam meg mind egy aszályos, mind pedig egy nedves időjárású szezonnak. A termesztési körülmények

optimalizálása elsősorban a Látóképi Kísérleti Telepen folytatott kisparcellás kísérletek eredményei alapján javasolható, amelynek keretében hat eltérő hibrid szemtermésének beltartalmi értékeit vizsgáltam. Közük mindhárom évben módosult volt a DKC fajta összehasonlító elemzésére.

A magas keményítőhozamot célzó termesztéskor figyelmet kell arra fordítani, hogy a műtrágyázás hatása a hektáronkénti terméshezamra pozitívan hasson. A fehérjetartalomra gyakorolt hatása viszont még ne legyen szignifikáns mértékű. Az eredmények értékelésekor megállapítást nyert, hogy az aszályos 2007-es év során a legnagyobb keményítőhozamot (t/ha) a tavaszi sekély talajművelés eredményezte. Ennek oka a talajban lévő vízkészlettel való megfelelő gazdálkodás, amely a tavaszi csapadék talajba jutásán keresztül valósul meg. A műtrágyázásból 2007-ben a 120 N kg/ha volt az optimális dózis. A nagyobb műtrágya adag (240 N kg/ha) 2007-ben csökkentette a keményítőhozamot. A talajművelési mód akkor igazán eredményes, amikor az aszályos évben kell kukoricát termesztünk, és a talajban tárolt vízkészlet éppen a fejlődés kritikus idejében áll a kukorica rendelkezésére. A 2008-as megfelelő időjárású évben a legeredményesebb termesztési kombinációt az őszi szántás és a 120 N kg/ha műtrágya dózis eredményezte (8,42 t/ha). A 240 N kg/ha dózis ugyan tovább növelte a keményítőhozamot (9,25 t/ha), viszont ezt a dózist sem környezetvédelmi, sem gazdasági okokból nem ajánlatos használni.

Következtetések:

A fentebb leírtakból egyértelműen kitűnik, hogy a műtrágyázás kukoricatermesztésre gyakorolt hatásáról alkotott vélemény felületes megközelítésben ellentétes lehet, mivel a kukorica termesztés hozamát ugyan fokozza, de a szemtermés keményítőtartalmát a több év kísérleti eredményei szerint szerényen csökkenti. Összességében azonban a terméshezamra gyakorolt egyértelmű kedvező hatása alapján a tonnánkénti kukorica hozam is jelentősen növekszik. Ilyen módon a bioetanol gyártás céljából termesztett kukorica műtrágyázása egyértelműen kedvező hatást fejt ki. A legeredményesebb gazdálkodás elérése érdekében fajtánként és termőtalajonként kell meghatározni azt az optimális mennyiséget, amely a legkedvezőbb műtrágya felhasználási költség mellett tudja biztosítani a kukorica gazdaságos terméshezamát. Ezáltal határozhatók meg a költség-hatékony biotanol gyártás alapanyagául szolgáló kukorica termesztés legkedvezőbb feltételei. Az elmúlt években végzett kísérletei

alapján egy kínai munkacsoport hasonló eredményekre jutott (*Zhang et al., 2010*). Az egyéb általam vizsgált tényezők úgymint öntözés, talajművelés, tőszám kísérleti eredményei szerint csekély hatást fejtenek ki a kukoricaszemek keményítőtartalmára. Így ezek alapján elmondhatjuk, hogy az összes hazánkban termesztett kukoricafajta, korábban megállapított termelési feltételei alkalmazhatók a hazai bioetanol gyártás tekintetében is.

6. 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. Kísérlet sorozatban 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 Kísérleti 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. Kísérlet sorozatban 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

7. 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 termesztésre 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 elsőként 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 termőterületről 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 Kisprcellás Kísérletek vonatkozásában a vizsgált hibridek terméshozama jelentősen meghaladta a 2007-ben azonos körülmények között mért terméshozamokat. A szemtermések keményítőtartalmát mind a műtrágyázás mind az öntözés csökkentette. Ugyanakkor, a fenti két tényezőnek a terméshozamra gyakorolt kedvező hatása következtében nőtt az öntözött illetőleg 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 terméshozam 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, statisztikailg szignifikánsan, jelentősen növelte a terméshozamot és keményítőhozamot, a nem műtrágya kezelt kontrolhoz képest. Ugyanakkor kétszeres dózisé (240 N kg/ha) műtrágyakezelés már nem eredményezett további nagy mértékű terméshozam 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.

8. SUMMARY

The rapidly growing population of the Globe results in a surging energy consumption which will lead to the depletion of energy resources in the short term. Several countries understanding these phenomena have started studies and produce alternative sources of energy based on research. The Hungarian energy supply has faced many problems in the past years. Not having significant energy sources added up with the European financial situation that resulted in an unstable situation characterized by growing energy prices. This shows in the dramatically rising fuel prices. Using cost efficient alternative energy production technologies to substitute partially a share of currently used fuel types might have a great importance. The outstanding agricultural environment present in Hungary may provide an excellent opportunity to achieve this goal by establishing cost efficient methods for bioethanol production based on appropriate corn yields and starting mass production in as many places as possible. Aiming at this objective requires a careful analysis on pedological capabilities and the selection of the optimal corn hybrids considering the influence of irrigation, application of fertilizers, and tillage methods on the given production sites. This way it is possible to choose the best corn hybrids to be grown in any given area for purposes of bioethanol production.

In the course of my research carried out during the three years of PhD studies I demonstrated that measurements utilizing the NIT/NIR method yielded in data retrieval facing all expectations. Using among the first ones in Hungary the *Infratech Grain Analyzer* that operates with NIT technology I was able to provide an accurate high-throughput analysis of the inner contents of different corn type kernels. Altogether 512 samples of 176 different corn hybrids including 10 new Hungarian strains were analyzed between 2007-2009. The examined corn kernels' inner contents, including their starch content, varied in a wide range. I have investigated the effects of genetical and external factors by two approaches. I studied the variations of inner content parameters of corn seeds collected from 22 different production sites particularly considering the dissimilarities of precipitation conditions of the three years. Moreover, I analyzed the variance of three-three maize hybrids' inner contents, respectively regarding the effects of irrigation, nutrient supply and different tillage methods grown in small-plot field experiments at the Experimental Station of Látókép.

The research results showed that the corn yields of 2008, characterized by optimal amount of precipitation in the different production sites and the Experimental Station of Látókép notably exceeded the yields of the same corn hybrids grown in same circumstances in the draught-stricken year of 2007. The starch content of the maize kernels was decreased by the effect of fertilization and irrigation. However, both of the two factors had a positive influence on the starch yield due to increased crop yields collected from irrigated and fertilized areas. The planting rate had no significant effect on the starch content. The used tillage methods did not have a major influence on the starch content of the corn seeds however, the crop and, in parallel, the starch yields grew significantly when using the autumn ploughing method compared to the disking and spring ploughing cultivation types. Nitrogen nutrient supply had the largest effect among the external factors, the 120 N kg/ha dose compared to the unfertilized control statistically significantly enhanced the starch yield and crop yield in all of the three examined years. At the same time the double dose of (240 N kg/ha) fertilizer did not result any further large scale increase in the crop yield or starch yield. A significant negative correlation between the kernels' starch content and protein content was established year by year.

In conclusion, I have characterized inner contents of kernels of ten new Hungarian maize hybrid in course of my Ph.D. research. One of these was a genetically identical DKC corn hybrid grown at the Látókép Experimental Station. I compared the changes in the inner content parameters of the seeds elicited by the effects of different doses of N-fertilizer, irrigated and non-irrigated treatments and cultivation types. My results may contribute to the optimization of Hungarian corn based energy production conditions and in the selection of maize hybrids with optimal characteristics. These results also help in choosing the most cost efficient production factors among different weather conditions and at different production sites.

9. 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.

10. IRODALOMJEGYZÉK

1. Anderson E., Cutler H. C. (1942): Races of *Zea mays* L. 1. Their recognition and classification. Ann. Mo. Bot. Gard. 29: 69-89.
2. Ángyán J. (1987): Agroökológiai hatások a kukoricatermesztésben. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest.
3. Araque E., Parra C., Rodríguez M., Freer J., Baeza J. (2008): Selection of thermotolerant yeast strain *Saccharomyces Cerevisiae* for bioethanol production. Enzyme and Microbial Technology. 43: 120-123.
4. Bai A., Lakner Z., Marosvölgyi B., Nábrádi A. (2002): A biomassza felhasználása. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.
5. Bázár Gy. (2011): Közeli infravörös spektroszkópia alkalmazási lehetőségei sertéshús és húskészítmények, valamint sertézsír minősítésében. Kaposvári Egyetem, Doktori Dolgozat. Kaposvár.
6. Bonafous, M. 1836. Histoire naturelle agricole et économique du maïs. Paris.
7. Bánszki L. (2008): Kukorica alapú bioüzemanyag előállítás vizsgálata a hibridek beltartalmi jellemzői alapján. Debreceni Egyetem AGTC, Diplomadolgozat. Debrecen.
8. Borcsik D. (2003): A raktározott termény védelméről. Jó gazda. 13.2: 40-47.
9. Christensen A. D., Kádár Zs., Oleskowicz-Popiel P., Thomsen M. H. (2010): Production of bioethanol from organic whey using *Kluyveromyces marxianus*. Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology. 38.2: 283-289.
10. Christmas E. C. (1991): A Potential New Crop for Indiana. Purdue University New CropsNews; <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/NewCropsNews/91-1-1/canola.html>

11. Claassen M. M., Shaw R. H. (1970): Water deficit effects on corn. II. Grain Components. *Agronomy Journal*. Madison. 62: 652-655.
12. Cselőtei L. (1957): A meteorológia szerepe az öntözés megalapozásában. *MTA Agrártudományi Közlemények*. 26: 155-164.
13. Davies T. (1998): The history of near infrared spectroscopic analysis: Past, present and future – “From sleeping technique to the morning star of spectroscopy”. *Proche Infrarouge – PIR, Analysis Magazine*. 4: 26.
14. Erdei É. (2011): *Kluyveromyces marxianus* élesztő törzsek fejlesztése bioetanol termelés céljából. Debreceni AGTC Doktori Értekezés. Debrecen.
15. Galinat W. C. (1979): A miniature fruit-case type of teosinte as the wild ancestor of the first maize. *Maize Genetics Cooperation Newsletter (MNL)*. 53: 99-100.
16. Gáspár M., Kálmán G., Réczey K. (2007): Corn fiber as a raw material for hemicellulose and ethanol production, *Process Biochemistry*. 42.7: 1135-1139.
17. Gergely Sz. (2005): Közeli infravörös spektroszkópia alkalmazása a búza érésdinamikai folyamatainak követésében. *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Doktori Dolgozat*. Budapest.
18. Gi-Wook C., Hyun-Woo K., Se-Kwon M. (2009): Repeated-batch fermentation using flocculent hybrid, *Saccharomyces cerevisiae* CHFY0321 for efficient production of bioethanol. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 84: 261-269.
19. Győri Z., Győriné M. I. (2002): A kukorica minősége és feldolgozása. *Szaktudás Kiadó Ház*, Budapest.
20. Gustavo G. F., Elmar H., Christoph W., Adreas K. G. (2008): The yeast *Kluyveromyces marxianus* and its biotechnological potential. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 79: 339-354.

21. Hames B., Thomas S., Sluiter A., Roth C., Templeton D. (2003): Rapid biomass analysis: new tools for compositional analysis of corn stover feedstocks and process intermediates from ethanol production. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 108: 5-16.
22. Hans P. B., Thaddeus C., Ezeji S., Jürgen S. (2010): Biofuels from Agricultural Wastes and Byproducts. An Introduction. In: Hans P. B. et al (edit.), Blackwell Publishing. 3-11.
23. Harsányi E. (2004): Mezőgazdasági földhasználat és területfejlesztés Magyarországon. Debreceni ATC Doktori Értekezés. Debrecen. 62-64.
24. Hingyi H., Kürthy Gy., Radócné K. T. (2006): A bioüzemanyagok termelésének kilátásai Magyarországon a főbb gabonafélék és olajnövények piaci helyzetének tükrében. *Agrárgazdasági Tanulmányok*, Budapest.
25. HL-Lab Talajvizsgáló Laboratórium, Debrecen, (2012): Vizsgálati jegyzőkönyv.
26. http://en.wikipedia.org/wiki/Common_ethanol_fuel_mixtures
27. http://hu.wikipedia.org/wiki/K%C3%B6zeli_infrav%C3%B6r%C3%B6s_spektroszk%C3%B3pia
28. <http://indianapublicmedia.org/news/worlds-largest-ethanol-producer-opens-plant-indiana-14197/>
29. http://portal.agr.unideb.hu/kutatointezetek/dtti/szervezet/latokepi_kiserleti_telep/index.html
30. <http://www.ecb.int/pub/pdf/annrep/ar2006hu.pdf>,
31. <http://www.ecb.int/pub/pdf/annrep/ar2009hu.pdf>
32. <http://www.etanol.info.hu/oldal/Lefedettség>

33. Iowa State University: Iowa State researchers developing machinery to harvest corn stalks and leaves. Iowa State University News Release. 20 March 2008; <http://www.public.iastate.edu/~nscentral/news/2006/dec/stover.shtm>
34. Kiss Cs. (2012a): Kukorica hibridek keményítő tartalmának vizsgálata közeli infravörös spektroszkópiai (NIT) technikával. Acta Agraria Debreceniensis. (*in press*).
35. Kiss Cs. (2012b): Száraz őrléses bioetanol-előállítás legfontosabb lépéseinek részletes elemzése. Acta Agraria Debreceniensis. (*in press*).
36. Kiss Cs. (2010): Fototróf mikroorganizmusok energiatermelési rendszerei (a fotobioreaktorok csoportosítása). Agrártudományi Közlemények, Acta Agraria Debreceniensis 42: 35-39.
37. Kiss Cs., Andorkó I. (2008): Small-plot field experiments with maize hybrids, aiming to study starch content. Cereal Research Communication. 36: 0133-3720. (IF: 1,19)
38. Kiss Cs., Harsányi E., Rátonyi T. (2007): A kukorica, mint alternatív alapanyag hordozó Magyarországon. Kiss T., Somogyváry M. (szerk.). Via Futuri 2007. A biomassza-alapú energiatermelés. BÍOKOM Kft. Pécs. ISBN: 978-963-06-5993-2: 150-156.
39. Knódel J. (2009): <http://www.mezohir.hu/2010-02/023.html>
40. Kudron J., Simonyi M. (1986): Szesz- és takarmányélesztő-gyártás. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
41. Lindsay T. C. (2010): Conversion of Existing Dry-Mill Ethanol Operations to Biorefineries. In: Hans P. B. et al (edit.) Biofuels from Agricultural Wastes and Byproducts. Blackwell Publishing. 161-173.

42. Lindsay W. L. (1979): Chemical Equilibria in Soils. New York: Wiley, 449.
43. Love G., Gough S., Brady D., Barron N., Nigam P., Singh D., Marchant R., MacHale A. P. (1998): Continuous ethanol fermentation at 45°C using *Kluyveromyces Marxianus* IMB3 immobilized in Calcium alginate and kisisirs. *Bioprocess Engineering*. 18: 187-189.
44. Magyar Statisztikai Évkönyv, KSH, 2006
45. Magyar Statisztikai Évkönyv, KSH, 2007
46. Magyar Statisztikai Évkönyv, KSH, 2008
47. Magyar Statisztikai Évkönyv, KSH, 2009
48. Magyar Statisztikai Évkönyv, KSH, 2010
49. Martonné E. K. (2003): Magyarország tájféldrajza. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen.
50. Melanie M. L., John P. M. (2010): *Kluyveromyces marxianus*: A yeast emerging from its sister's shadow. *Fungal Biology Reviews*. doi: 10.1016/j.fbr. 1-10.
51. Mentink R., Hoffman P., Bauman L. (2006): Utility of near-infrared reflectance spectroscopy to predict nutrient composition and in vitro digestibility of total mixed rations. *Journal of Dairy Science*. 89.6: 2320-2326.
52. Menyhért Z. (1985): A kukoricatermesztés kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
53. Meskó A. (2003): A földtudomány feladatai az EU csatlakozás tükrében. Akadémiai Kiadó, Budapest.

54. MTA TAKI GIS Labor (2003): Magyarországi talajok érzékenységi térképei – Savanyodás, AGROTOPO adatbázis.
55. Nagy J. (2005): 30 év a kukoricakutatás és fejlesztés szolgálatában. Kukorica hibridek adaptációs képessége és termésbiztonsága. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Debrecen. 8-53.
56. Nagy J. (2006): A debreceni kukorica tartamkísérletek eredményei. Környezetkímélő növénytermesztés – minőségi termelés. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Debrecen. 7-47.
57. Nagy J. (2007a): A kukorica, mint bioenergia-hordozó. Mag kutatás, fejlesztés és környezet. VETMA Közösségi Marketingkommunikációs Közhasznú Társaság, Budapest.
58. Nagy J. (2007b): Kukoricatermesztés. Akadémiai Kiadó, Budapest.
59. Nagy J. (2010): A hazai kukoricatermesztés eredményeinek értékelése. In Nagy J. (szerk.) Az öntözés vállalati szintű elemzése. Debreceni Egyetem Agrár és Gazdálkodástudományok Centruma, Debrecen. 7-31.
60. Nasib Q., Stephen H., Thaddesus C. E. (2010): Production of Liquid Biofuels from Biomass: Emerging Technologies. In: Hans P. B. et al (edit.) Biofuels from Agricultural Wastes and Byproducts. Blackwell Publishing. 11-18.
61. Oweis T. (1997): A highly efficient water-use practise. Supplemental irrigation. ICARDA, Aleppo, Syria, 16.
62. Péter B., Tolner L. (1998): Amit a kukoricatermesztésről a gyakorlatban tudni kell. Mezőmag Kft., Székesfehérvár. 39-52.
63. Pethő M. (1993): Mezőgazdasági növények élettana. Akadémiai Kiadó, Budapest.

64. Rátonyi T. (1999): A talaj fizikai állapotának penetrométeres vizsgálata talajművelési tartamkísérletben. Debreceni ATC Doktori Értekezés. Debrecen. 28-29.
65. Rátonyi T., Harsányi E., Kiss Cs., Megyes A. (2009): Effects of precipitation on the starch yield of maize grown for bioethanol production. Cereal Research Communication 37: 89-92.
66. 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 Organization 18th Triennial Conference. T7-006-1-T7-006-5.
67. Réczey G. (2007): A biomassa felhasználásának hosszú távú lehetőségei az EU támogatási rendszerének tükrében. Bioenergia. 2.5: 11-15.
68. Reményi K. (2010): Energetika, CO₂ Felmelegedés. Akadémiai Kiadó, Budapest.
69. Roca C., Olsson L. (2002): Increasing ethanol productivity during xylose fermentation by cell recycling of recombinant *Saccharomyces cerevisiae*. Applied Microbiology and Biotechnology. 60.5: 560-563.
70. Rónai A., Somogyi S. (1969): A dunai Alföld. Akadémiai Kiadó, Budapest. 229-232.
71. Shaw R. H. (1976): Water use and requirements of maize. In: Proc. Symp. On the Agrometeorology of Maize (Corn) Crop. 5-9 July 1976., Iowa, USA. 15-26.
72. Singh D., Banat I. M., Nigam P., Marchant R. (1998): Industrial scale ethanol production using the thermotolerant yeast *Kluyveromyces Marxianus* IMB3 in an Indian distillery. Biotechnology Letters. 20: 753-755.

73. Slater P. J., Good J. E. (1967): Crop responses to water at different stages of growth. Farnham Royal, Bucks, U.K.
74. Surányi J., Mándy Gy. (1955): A kukorica. Akadémiai Kiadó, Budapest, 183.
75. Somogyi S. (1967): A dunai Alföld. Akadémiai Kiadó, Budapest. 47-74.
76. Sólyom L., Kudron J. (1985): Keményítő és keményítőipari termékek gyártása. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
77. Stefanovits P. (1963): Magyarország talajai. Akadémia Kiadó, Budapest.
78. Stefanovits P. (1967): A dunai Alföld. Akadémiai Kiadó, Budapest. 210-213., 290-292.
79. Széll E., Hataláné Zs. I., Ripka G., Kiss J., Primczinger G. (2005): Az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*) elleni védekezés módja. In: Nagy J. (szerk.) Kukoricahibridek adaptációs képessége és termésbiztonsága. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum, Debrecen. 241-254.
80. Szűcs L. (1969): A tiszai Alföld. Akadémiai Kiadó, Budapest. 267-269.
81. Területi statisztikai évkönyv. (2006): Központi Statisztikai Hivatal. Budapest.
82. Területi statisztikai évkönyv. (2007): Központi Statisztikai Hivatal. Budapest.
83. Területi statisztikai évkönyv. (2008): Központi Statisztikai Hivatal. Budapest.
84. Várallyay Gy. (1980): A talajvíz szerepe a talaj vízgazdálkodásában és a növények vízellátásában. Tudomány és mezőgazdaság. Budapest. 18.5: 22-29.
85. Wei L., Jiang H., Li J., Yan Y., Dai J. (2005): Predicting the chemical composition of intact kernels in maize hybrids by near infrared reflectance spectroscopy. Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi. 25.9: 1404-1407.

86. www.biofuels-platform.ch.
87. www.ethanolrfa.org; Renewable Fuels Association.
88. www.mol.hu
89. www.poet.com
90. Xuewu G., Jun Z., Dongguang X (2008): Improved Ethanol Production by Mixed Immobilized Cells of *Kluyveromyces marxianus* and *Saccharomyces cerevisiae* from Cheese Whey Powder Solution Fermentation. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 160: 532-538.
91. Zhang X., Wang Q., Zhao Y., Yang Q., Li C. (2010): Effects of nitrogen fertilization rate and harvest time on summer maize grain yield and its quality. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*. 21.10: 2565-2572.
92. 2003/30/EK bioüzemanyag irányelv
93. 2003/96/EK energiaadózási irányelv.
94. 77/2001/EK, 2003/30 EK, Európai Bizottság javaslatcsomag
95. Világbank, EKB adatai alapján

11. 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 biomassa-alapú energiatermelés. BLOKOM 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*).

12. RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

A	abszorbancia (fényelnyelés)
BPX TM	Broin Project X technology (főzés-mentes eljárás)
COM	A biomasszával kapcsolatos cselekvési terv
DDGS	Distiller's Dried Grains with Solubles (szárított lepárolt mag oldható anyagokkal – röviden: szárított gabonamoslék)
EPA	Environmental Protection Agency (Amerikai Környezetvédelmi Hivatal)
EU	Európai Unió
FAO	Food Agriculture Organization (Egyesült Nemzetek Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezete)
FFVs	Flexible Fuel Vehicles (rugalmas üzemanyag-felhasználású jármű)
GHG	Green House Gases (üvegházhatású gázok)
GLM	General Linear Model (varianciaanalízis - általános lineáris modell)
HFC	High Fermentable Corn (magas fermentálható tartalmú kukorica)
HTF	High Total Fermentable (magas fermentálható tartalmú)
KSH	Központi Statisztikai Hivatal
LSD	Least Significant Difference (legkisebb szignifikáns különbség)
MTA	Magyar Tudományos Akadémia
NÉBiH	Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (OMMI jogutódja)
NIR	near-infrared reflectance (közeli infravörös reflexió)
NIR/NIT	near-infrared reflection/transmittance (közeli infravörös visszaverődés/transzmisszió)
NIT	near-infrared transmittance (közeli infravörös transzmisszió)
NPK	NPK (nitrogén, foszfor, kálium)
OMMI	Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet (NÉBiH jogelődje)
OMSZ	Országos Meteorológiai Szolgálat
SSF	Simultaneous Saccharification Fermentation (egyidejű

	szacharifikáció és fermentáció)
Sza %	szárazanyag százalék
T	traszmittancia (fényáteresztés)
USA	Amerikai Egyesült Államok
WDGS	Wet Distiller's Grains with Soluables (nedves lepárolt mag oldható anyagokkal – röviden: gabonamoslék)

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centrum Mezőgazdaság tudományi Karán, a Kerpely Kálmán Doktori Iskola keretében készítettem el a Debreceni Egyetem AGTC MTK doktori (Ph.D.) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2013. február 22.

.....

a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy Kiss Csongor Gábor doktorjelölt 2007 – 2011 között, a fent megnevezett Doktori Iskola keretében, irányításommal – irányításunkkal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom – javasoljuk.

Debrecen, 2013. február 22.

.....

a témavezető(k) aláírása