



DEBRECENI EGYETEM
AGRÁRTUDOMÁNYI CENTRUM
MEZŐGAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR
KERTÉSZETTUDOMÁNYI ÉS NÖVÉNYI BIOTECHNOLÓGIAI TANSZÉK

NÖVÉNYTERMESZTÉSI ÉS KERTÉSZETI
TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető:

Dr. habil Győri Zoltán

MTA doktora

Témavezető:

Dr. habil Pepó Pál

mg. tud. kandidátusa

**A GENETIKAI POLIMORFIZMUS, CÍMERALKOTÓ ELEMÉK ÉS NÉHÁNY
MINŐSÉGI TULAJDONSÁG VIZSGÁLATA KUKORICA
GENOTÍPUSOKNÁL**

Készítette:

Bódi Zoltán

doktorjelölt

DEBRECEN

2007

A GENETIKAI POLIMORFIZMUS, CÍMERALKOTÓ ELEMÉK ÉS NÉHÁNY
MINŐSÉGI TULAJDONSÁG VIZSGÁLATA KUKORICA GENOTÍPUSOKNÁL

*Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében
a Növénytermesztési és kertészeti Tudományok tudományágban*

Írta: Bódi Zoltán doktorjelölt

A doktori szigorlati bizottság:

	Név	Tud. Fokozat
Elnök:	Dr. Pepó Péter	DSc.
Tagok:	Dr. Pauk János	DSc.
	Dr. Tóth Szilárd	PhD

A doktori szigorlat időpontja: 2007. június 7.

Az értekezés bírálói:

Név	Tud. fokozat	Aláírás
.....		
.....		

A bíráló bizottság:

	Név	Tud. fokozat	Aláírás
Elnök:			
Titkár:			
Tagok:			
			
			
			

Az értekezés védésének időpontja: 2007.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS.....	6
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	11
2.1. A kukoricatermesztés kezdete.....	11
2.2. A genetikai változatosság szerepe a kukoricatermesztésben.....	11
2.3. A nemesítési alapanyag létrehozása indukált mutációval, – fizikai mutagének - szerepe a nemesítésben.....	14
2.4. A diallél analízis alkalmazása a kukoricanemesítésben.....	17
2.5. A genetikai polimorfizmus vizsgálatának módszerei.....	19
2.5.1. <i>Morfológiai tulajdonságok leírása</i>	19
2.5.2. <i>A tartalékfehérje mintázatok jelentősége a polimorfizmus vizsgálatokban</i>	20
2.5.3. <i>A DNS alapú amplifikált fragmentumhossz polimorfizmus (AFLP) alkalmazása a különbözőség és/vagy azonosság kimutatására.....</i>	21
2.6. Keresztezési irányok vizsgálata a kukoricánál.....	24
2.7. A hektolitertömeg értékét befolyásoló tényezők.....	26
2.8. Címeralkotó elemek felépítése és kapcsolata néhány mennyiségi tulajdonsággal.....	29
2.9. A kukorica, mint funkcionális élelmiszer vizsgálatának jelentősége.....	31
2.9.1. <i>A kukorica egészségre gyakorolt hatása.....</i>	31
2.9.2. <i>Az antioxidánsok szerepe jelentősége.....</i>	32
2.9.3. <i>Speciális szemszínű kukoricafajták jelentősége, tanulmányozása az élelmiszerminőség szempontjából.....</i>	33
2.9.4. <i>Az antioxidáns aktivitás vizsgálatok hazai eredményei eltérő növényeknél...</i>	35
3. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	38
3.1. A nemesítési alapanyag.....	38
3.2. A kísérleti tér talajának jellemzése.....	38
3.3. A kísérleti évek időjárásának jellemzői.....	39
3.4. A szántóföldi kísérletek beállításának körülményei.....	41
3.5. Az alkalmazott főbb agrotechnikai eljárások.....	41
3.5.1. <i>Talajművelés.....</i>	41
3.5.2. <i>Tápanyagellátás.....</i>	42
3.5.3. <i>Növényvédelem, növényápolás.....</i>	42

3.5.4. Betakarítás.....	42
3.6. A fenotípusos tulajdonságok leírása a CPVO TP2/2 irányelv szerint.....	43
3.7. Tartalékfehérje vizsgálatok.....	44
3.8. Az AFLP analízis kivitelezése.....	44
3.9. Egyéb morfológiai – levélterület index (LAI), címer alkotórészek – vizsgálata.....	45
3.10. A heterózis hatás vizsgálata.....	46
3.11. A hektolitertömeg és az ezerszemtömeg meghatározása.....	46
3.12. Eltérő szemszínű kukorica genotípusok FRAP módszerrel meghatározott vízdoldható antioxidáns aktivitásának vizsgálata.....	46
3.13. Az eredmények értékelésének matematikai-statisztikai módszerei.....	49
4. EREDMÉNYEK.....	51
4.1. A vonalak általános jellemzői.....	51
4.2. A polimorfizmus vizsgálatok eredményei.....	55
4.2.1. A DUS vizsgálatokhoz szükséges morfológiai tulajdonságok elemzése.....	55
4.2.2. A zein vizsgálatok eredménye.....	58
4.2.3. A genetikai hasonlóság/távolság becslése az AFLP analízis alapján.....	59
4.3. Az általános (GCA) és specifikus (SCA) kombinálódó-képesség vizsgálatok eredményei a termőképesség tekintetében.....	62
4.4. A genotípus és az évjárat hatása a termőképességre.....	64
4.5. A keresztezési irányok vizsgálata néhány morfológiai jellemző alapján.....	67
4.6. A hektolitertömeg és az ezerszemtömeg változása a genotípusok függvényében.....	71
4.7. A kukorica címeralkotó elemeinek vizsgálata.....	74
4.7.1. A vonalak és hibridek virágzásbiológiai tulajdonságainak és címeralkotó elemeinek értékelése	74
4.7.2. A címerágak számának és a címerszár hosszának értékelése.....	76
4.7.3. A címeralkotó elemek összehasonlítása a hibridpárok szerint.....	78
4.7.4. A címeralkotó elemek varianciaanalízise	80
4.7.5. A címeralkotó elemek és néhány mennyiségi jellemző összehasonlítása, kapcsolatrendszere.....	82
4.7.6. A címeralkotó elemek és a vizsgált tulajdonságok dendrogramja.....	85

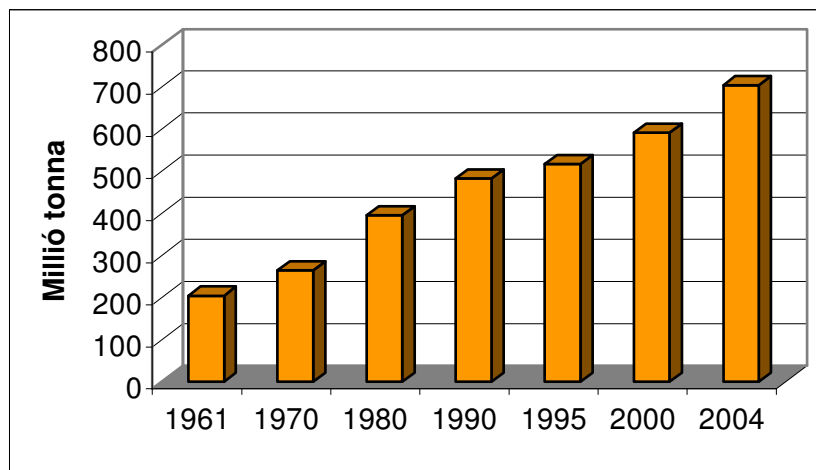
4.8. Eltérő szemszínű kukorica genotípusok FRAP módszerrel meghatározott vízzoldható antioxidáns aktivitásának értékelése.....	86
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	90
5.1. A vizsgált vonalak jellemzői, polimorfizmus vizsgálata fenotípusos-, fehérje- és DNS-szinten.....	90
5.2. A termőképesség és az általános és specifikus kombinálódó képesség eredményeinek értékelése.....	91
5.3. A keresztezési irányok vizsgálata néhány morfológiai jellemző alapján.....	91
5.4. A hektolitertömeg és az ezerszemtömeg változása a genotípusok függvényében.....	92
5.5. A kukorica címeralkotó elemeinek vizsgálata.....	92
5.6. Eltérő szemszínű kukorica genotípusok FRAP módszerrel meghatározott vízzoldható antioxidáns aktivitásának vizsgálata.....	94
6. ÖSSZEFOGLALÁS.....	95
7. SUMMARY.....	98
8. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	100
9. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK.....	103
10. IRODALOMJEGYZÉK.....	104
11. MELLÉKLET.....	123

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

A kukorica a rizs és búza mellett az egyik legfontosabb termesztett növény a világon. Magyarországon viszonylagos stabilitással vetésterülete 1-1,2 millió hektár között ingadozik. Elsősorban takarmánynövényként hasznosítjuk, de a jövőben várhatóan emelkedni fog élelmiszeripari és egyéb ipari alapanyagként (keményítő, bioetanol stb.) történő felhasználása is.

A nagy vetésterületből következik, hogy szinte az egész hazai agrár vertikumra kihatással van produktumának nagysága. A kukoricatermesztők jogos elvárása a különféle nemesítőházakkal szemben az évről-évre stabilan magas terméseredmény elérése, a ráfordítási költségek csökkentése. A kukorica genetikai előrehaladásának köszönhetően évente közel 1%-kal növekszik a termőképessége a legújabb hibrideknek.

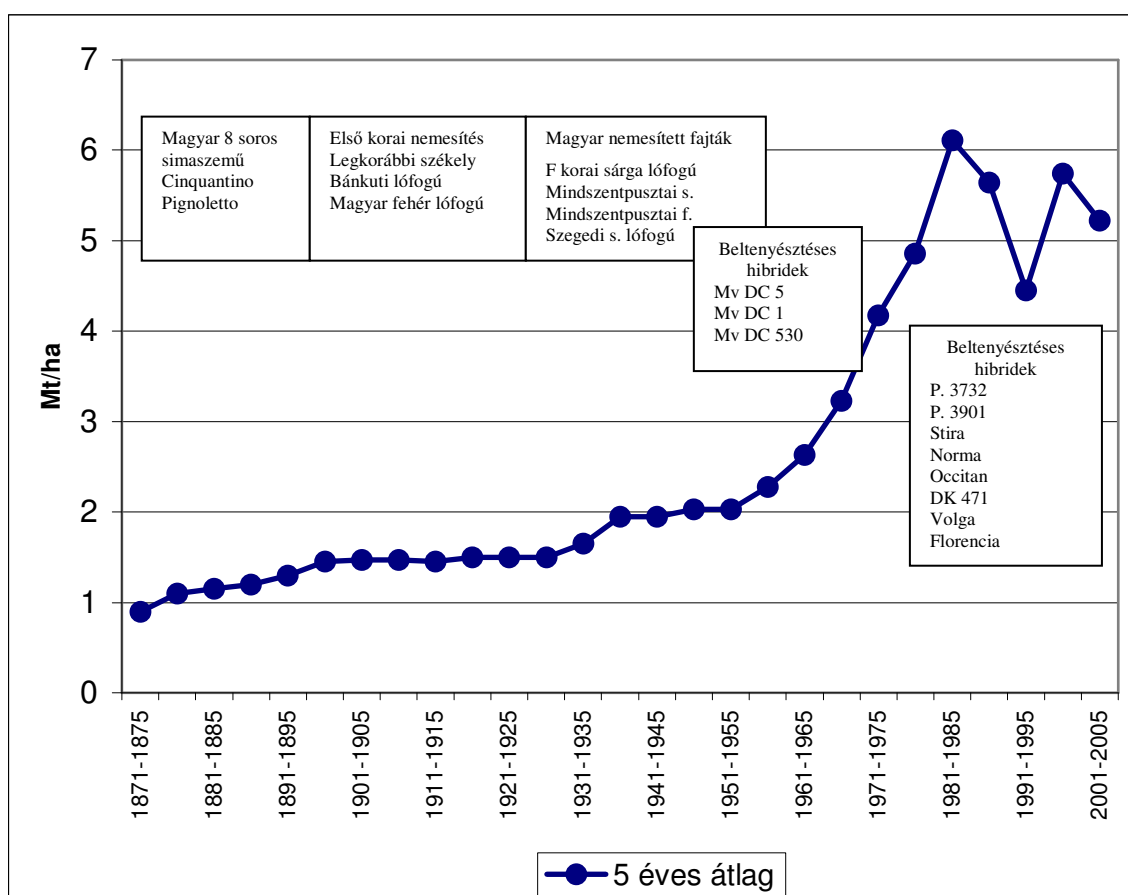
A kukorica termesztésének, nemesítésének döntő korszaka volt a XX. század. A múlt század elején az észak-amerikai kutatók (East, Shull, Jones) létrehozták az első beltenyésztett vonalakat, ezek keresztezéséből pedig az első hibrideket és ezzel forradalmasították a kukoricanemesítést. A heterózis hatás kihasználásával emelkedtek a terméseredmények. A hibridkukorica gyors előretörésével egyidejűleg a szabad elvirágzású fajták termesztésének a gyors háttérbe szorulása következett be. Magyarországon és Európában elsőként Pap Endre és munkatársai Martonvásáron hozták létre az első beltenyésztéses kukoricahibridet (*Mv 5*, 1953). E hibrid és későbbi nemesített társai hazánkban is rövid idő alatt leváltották a szabad elvirágzású fajtákat és fajtahibrideket. A FAO adatok szerint a terméseredmény hazánkban az 1961-es hektáronkénti 2 tonnáról 2004-re 7 tonnára emelkedett, ugyanebben az időintervallumban az USA-ban 3,9-ről 10 t/ha-ra. Az 1960-as évektől a világ kukoricaproduktuma napjainkig több mint háromszorosára nőtt, 205 millió tonnáról 705 millió tonnára (*1. ábra*).



1. ábra A világ kukoricatermelése 1961-től 2004-ig

Magyarország a kukoricatermesztés számára kedvező ökológiai adottságokkal rendelkezik. Már a múlt század elején is nagy területen termesztették hazánkban. Az 1920-as években 1-1,5 t/ha termésátlagokat lehetett elérni és ez nem is változott sokat egészen az 50-es évekig (2. ábra). A múlt század közepén kiszélesedő nagyüzemi gazdálkodás és a fajtahibridek megjelenése a termésátlagok 1 tonnával való emelkedését eredményezte a korábbi időszakokhoz képest. Majd az 1960-as években megjelenő hibridek forradalmasították a kukoricatermesztést, párhuzamosan fokozódott a műtrágya kijuttatás, mely 3 t/ha termésátlag fölé emelte a produktivitás mértékét. Az 1970-es években beinduló iparszerű termelés magával hozta a korszerű gépek alkalmazását. Az agrotechnikai műveleteket időben és kellő minőségben lehetett el végezni. Növekedett a műtrágya kijuttatás mennyisége, a növényvédelem kiterjedt a kórokozókra és állati kártevőkre is. A biológiai alapok is megfeleltek a fokozódó kihívásoknak, kedvezőbb szárszilárdsággal, jobb trágyareakcióval rendelkező hibridekkel 4-5 tonnás terméseredmények voltak realizálhatók hektáronként. Ebben az időszakban a hazai mezőgazdaság termelés potenciálja nemzetközi összehasonlításban is számottevő volt. A kukorica hazai termésátlaga a francia, az egyesült államokbeli vagy a kanadai eredményeknek felelt meg. A zöld forradalom hatása a magyar növénytermesztés termelési színvonalára is jelentős hatással bírt. A termelés magas fokú mechanizálása, a kemikáliák elterjedt használata a nyolcvanas évek elejére soha nem látott mértékben maximalizálta a hazai növénytermesztés eredményességét. A kilencvenes években bekövetkező terméseredmény romlások a privatizációs időszakra estek. A tőkehiány a mezőgazdaság elszegényedését eredményezte. Erőteljesen csökkent ennek következtében a műtrágya felhasználás mennyisége, a megváltozott birtokviszony pedig

néhány évben kisebb vetésterületet indukált. Jelenleg a kényszertakarékosság jegyében zajlik a kukoricatermesztés. A műtrágya felhasználás hazánkban az EU-s átlag 60 százaléka körül alakul. A megtermelt mennyiséggel a harmadik helyen állunk az Európai Unió kukoricatermesztői rangsorában. A következő években lassú növekedést prognosztizálnak a különféle tanulmányok a termésátlagok tekintetében és az EU-s színvonalat elérve az évtized végén a 10-11 millió tonna megtermelése is reálisnak bizonyulhat.



2. ábra A kukorica átlagtermések Magyarországon, 1871-2005 (HADI, 2005)

Ehhez biztosítani kell a folyamatos korszerű genetikai háttérrel rendelkező hibrideket. Hazánkban ma 350 felett van az államilag elismert hibrideknek a száma, de ténylegesen a nagyobb vetésterületen (50-70 ezer ha) termesztett hibridek száma 20 körülire tehető.

A kukoricanemesítés a vonal előállításától a hibrid állami elismeréséig hosszú évek folyamata. Ezt az előállítási, előkészítési, vizsgálati folyamatsort akár évekkel lerövidítheti olyan komplex vizsgálati módszerek alkalmazása, melyek segítségével az eltérő genotípusokat rokonsági körökbe tudjuk besorolni. Optimalizálni tudjuk a bennük rejlő genetikai potenciált (szülői vonalak megválasztásával, keresztezések csökkentésével) a további hibrid nemesítési munka számára.

A szántóföldi genetikai (fajta) diverzitás csökkenése hozzájárul a hagyományos klasszikus úton nemesített hibridek genetikai sebezhetőségének, a szülői vonalak genetikai variabilitásának a beszűküléséhez.

A jövő kukoricanemesítésének a klasszikus nemesítési kritériumok (termőképesség, alkalmazkodóképesség, betegség-ellenállóság fokozása) mellett feladata lesz a meglévő genetikai anyag beszűkülésének, csökkenésének (générózió) a megakadályozása, a meglévő nemesítési alapanyag szakszerű fenntartása és jellemző tulajdonságainak még pontosabb, DNS szintű leírása.

A keresztezési irányok helyes megválasztása, hatásának megismerése a hibridkukorica nemesítés fontos feladata. Az eltérő genetikai összetételű hibridek előállítása, megválasztása jelentős, terméseredményt befolyásoló tényező.

Napjainkban a kukoricanemesítésben egyre inkább előtérbe kerülnek a különböző morfo-fiziológiai tényezők (növénymagasság, levélterület, címerméret) vizsgálatai, melyek a közvetett vagy közvetlen szelekció alapját képezhetik a növény teljesítőképességének maximalizálásában. Ilyen jellemző a címer mérete is, amely a szakirodalmi adatok alapján jelentős befolyással lehet a növény teljesítőképességére fiziológiai (fotoszintézis) vagy fizikai (árnyékolás) értelemben. A kukorica sikeres reprodukáló képessége is nagymértékben függ a porzósvirágzat (címer) kifejlődésétől. A pollen mennyiségét elsődlegesen befolyásoló címeralkotók felépítése és mérete döntő tényezői lehetnek a sikeres vetőmagtermesztésnek, nemesítési folyamatoknak.

Az utóbbi évtizedben világszerte az érdeklődés középpontjában áll a gabonafélék egészségre gyakorolt hatása, mégis a kukoricára vonatkozóan nagyon kevés információ áll rendelkezésünkre. A gabonafélék jelentős mennyiségű biológiailag aktív összetevőt tartalmaznak, melyek a szabadgyökök képződését gátolják vagy csökkentik azok szintjét a szervezetekben. Az ebben a témakörben megjelent tanulmányok szerint a rizs és a búza mellett növelni kellene a kukorica szerepét is a humán étrendben, így a jövő növénynemesítésében nagyobb figyelmet kell fordítani a funkcionális élelmiszernek leginkább alkalmas fajták kiválasztására.

Ph.D. munkám szerves folytatása annak a több évtizedes, kukoricanemesítési vonatkozásban kiemelkedő kutatómunkának, melyet Prof. Pásztor Károly alapításával, majd később Prof. Pepó Pál vezetésével napjainkban is folyik.

Kutatásaim során az alábbi célokat tűztem ki:

- a tanszék génbanki kukoricavonalakból kiválasztott négy vonal rokonsági fokának meghatározása fenotípusos-, fehérje-, és DNS-szinten,
- a vonalak kombinálódó-képességének meghatározása teljes diallél rendszer létrehozásával,
- a teljes diallél keresztezés által létrehozott hibridkombinációk termőképességének, hektolitertömegének, keresztezési irányának tanulmányozása, az anyai és reciprok hatás vizsgálata néhány morfológiai elem bevonásával,
- a vonalak és hibridjeik címeralkotó elemeinek tanulmányozása, összefüggés vizsgálata néhány mennyiségi tulajdonsággal és a címer terület index alkalmazhatóságának értékelése,
- a kukorica, mint funkcionális élelmiszer jellemzése, a vízoldható antioxidáns tartalom meghatározása a sárga-, vörös-, és kék szemszínű kukorica genotípusokban.

Kutatásaimat széles alapokra igyekeztem helyezni, azzal a céllal, hogy a tudományágak (növénytan, molekuláris genetika, élelmiszertudomány, növénynemesítés) együttes szerepét és ezek integrációjának fontosságát hangsúlyozzam a jövő sikeres, hatékony növénynemesítésében.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A kukoricatermesztés kezdete

A kukorica őshazája az amerikai kontinens. Pontos földrajzi helye még nem ismert. Domesztikációs centrumai Mexikó és Peru környékén valószínűsíthetők az archeológiai leletek szerint. Az eddig ismert legrégebbi leletek Mexikóból kerültek elő, koruk 7200 év körülire tehető. A ma termesztett kultúrkukorica vadformája már nem található meg Közép-Amerikában. A legősibb típusok a pelyvás és a pattogatni való kukoricák körébe tartoztak. A kukorica is Amerika felfedezése után lett ismert Európában. A 16. század elején jutott el a portugálok által Afrikába és Ázsiába. 1518-ra datálható az első kínai /Li Schi-csen/ leírás a kukoricanövényről. Itt írták le először a pattogatni való kukoricát (*Zea mays convar. microsperma* Koern.) is. Hazánkban 1590 óta termesztik, kezdetben csak ritkaságként, később igen elterjedten (MÁNDY, 1963). Ma a kukoricát a mérsékelt égövben és a trópusi országokban is főként takarmányozási és élelmezési célból termesztik. Termesztése a 60. északi szélességi foktól egészen a 42. déli szélességi fokig terjed és eléri a 3700 méteres trópusi magaslatokat is. A legfontosabb termesztési centruma az USA-ban (Iowa és Illinois államok, a 37. és 43. északi szélességi fok között („Cornbelt”), az Észak kínai Alföldön, Délkelet-Brazíliában, Északkelet-Argentínában, Mexikóban és Indiában találhatók (FRANKE, 1994).

2.2. A genetikai változatosság szerepe a kukoricanemesítésben

A növénynemesítés sikerét, a kedvezőbb genetikai struktúrájú fajták előállítását jelentős mértékben befolyásolja a rendelkezésre álló alapanyagok mennyisége és genetikai gazdagsága. A hibridkukoricák térhódítása nyomán a köztermesztésből a szabadlevirágzású fajták, tájfajták, - melyek a génkészletük gazdagsága miatt mindig biztos alapot jelentett a növénynemesítés számára – teljesen kiszorultak. Annak ellenére, hogy megmentésükre történtek lépések, mégis sok anyag megsemmisült s a génkészletek leszűkültek. Emiatt keressük azokat a lehetőségeket, melyek az alapanyagbázis növelését, a génkészletek gazdagítását elősegíthetik (PÁSZTOR, 1994).

NESZMÉLYI (2002) a növényi biológiai alapok szerepéről így ír: „A fajta a növénytermesztés sajátos termelőeszköze, amely a termesztési feltételek és a termesztési célok sokféleségének kell, hogy megfeleljen”. Hangsúlyozza, hogy a

különböző igényeket csak szakszerűen kiválasztott, jó szakmai igényességgel összeállított fajta szortimenttel lehet eredményesen kielégíteni.

A biodiverzitás képezi az alapját az ember által felhasznált élelmiszereknek, rost- és ipari növényeknek és a napjainkban termesztett növényeknek, ugyanakkor szabályozza a Föld létezésének feltételeit és nem utolsósorban esztétikai értéket képvisel (BÓDIS és mtsai. 2004).

A nemesítő csak széles genetikai bázisból tud sikeresen, számára kedvező genotípusokat kiválogatni és a további munkájában felhasználni. A genetikailag eltérő kukorica hibridek előállítására, termesztésük kockázatának csökkentését is jelenthetik, hiszen jobb adaptációs képességgel fognak bírni a különböző termőhelyi és időjárási viszonyokhoz. Az utóbbi évtizedekben mind Európában mind Amerikában erősen lecsökkent a kiinduló szülői vonalak száma. Kialakult egy kevés törzsből álló jó kombinálódó-képességgel bíró, nagy heterózist nyújtó vonaltenyészet. Az ezekből származó hibridek nagyfokú genetikai hasonlósága sebezhetővé teheti őket a különféle abiotikus és biotikus stressz-faktorokkal szemben (BÓDI, 2005).

A genetikai homogenitás növekedése a biológiai háttér oldaláról a termésnövekedés akadályozójává vált, mert a hibridek ökológiai érzékenysége nagymértékben fokozódott (VÁCZI, 1978; MENYHÉRT, 1979). A különböző FAO csoportokban szükség van olyan, egymástól eltérő genotípusú hibridek nemesítésére, amelyek mennyiségi és minőségi tulajdonságai a korszerű növénytermesztés igényeinek megfelelnek (VÁCZI, 1979). A cél megvalósítása érdekében a kukoricanemesítésben felhasználható alapanyagbázis szélesítésére van szükség.

A növénynemesítés tökeigénye világszerte rohamosan nő, a nagy konkurencia miatt felgyorsult a koncentráció, ami a genetikai variabilitás beszűküléséhez vezethet (BEDŐ, 2004).

A fajok, fajták változatosságának fennmaradása jelentheti a jövőbeli nemesítési és szelekciós munka, a változó körülményekhez és igényekhez alkalmazkodó új fajták létrehozásának az alapját. A géntechnológia térnyerésének (GMO) legnagyobb kockázata, hogy a mezőgazdaságot még tovább uniformizálja (MÓRA, 2004).

E vélemény mellett érdekes BÓDIS és mtsai. (2004) megállapításai, miszerint a GM növényeknek a biodiverzításra nemcsak negatív, hanem pozitív hatásuk is lehet. A géntechnológia alkalmazása nem mindig a géneróziót növeli, hanem olyan fajokat is létrehozhat, amelyek addig nem fordultak elő a természetben, hozzájárulva ezáltal a biodiverzitás növeléséhez. Ha a fajon belüli populációk, a faj genetikai sokszínűsége

csökken, ún. génerózió következik be. A csökkent változatosságú faj a változó környezethez való alkalmazkodásában hátrányos helyzetbe kerül.

Napjainkban egyidejűleg van jelen az aggodalom a termesztett fajták vélt vagy valós fokozódó hasonlósága, a génerózió és az igény, hogy a termelők kevesebb fajta vetésével homogén minőségű árut állítsanak elő (LÁNG, 2006).

A világon megközelítőleg 12000 kukorica változat lelhető fel, mintegy 256 rasszt képviselve, ebből 30 azoknak a száma, melyeket a kipusztulás fenyeget (MACHADO és mtsai. 1998).

CARVALHO és mtsai. (2004) a FAO 1996 adatairól számol be, miszerint a Mexikóból származó kukoricafajták mintegy 20 %-a tűnt el az 1930-as évek óta. Az USA-ban a 20. század elején termesztett kukoricafajták 91 %-a szintén eltűnt és a mai termesztés kevesebb, mint 10 hibridre épül.

Az utóbbi néhány évtizedben a kukoricanemesítés szűk genetikai bázisra épült, mely magában hordozza a genetikai diverzitás csökkenésének a veszélyét és korlátozhatja a genetikailag eltérő szülők közötti keresztezés lehetőségét. Ez a múltban, de napjainkban is számos problémát vethet fel, így elsősorban a hibrid betegségekkel szembeni ellenálló-képességének, az alkalmazkodó-képességének a csökkenését (HALLAUER és mtsai. 1988, cit. MESSMER és mtsai. 1993; RADY és NAGY, 1996; BÓDI és TÓTH, 2005).

A genetikai változékonyság növelésének egyik hatékony módszere a kukoricánál az indukált mutáció alkalmazása (PEPÓ és TÓTH, 2004).

Az indukált mutáció jelentős szerepet játszik a biodiverzitás növelésében, nagyszámú mutáns kukoricavonalat használnak fel különböző nemesítési célból a világ számos országában (MALUSZYNSKI és mtsai. 2000).

2.3. A nemesítési alapanyag létrehozása indukált mutációval, – fizikai mutagének - szerepe a nemesítésben

A mutáció az élő szervezetek természetes evolúciójának az alapja. A növénynemesítők tudatosan vagy önkéntelenül is mindig a spontán, örökletes elváltozás eredményét használták ki (LINNERT és MICKE, 1997). A 19. századtól gazdag irodalom maradt fent a véletlenül keletkező, állandósult örökletes jelleg megváltozásokról. Az ilyen típusú változásokat Charles Darwin (cit. LINNERT és MICKE, 1997) „single variations”-nek vagy „sports”-nak nevezte. 1901-ben a holland botanikus Hugo De Vries megalkotta saját mutációs elméletét, és ezzel a genetika, mint tudomány továbbfejlődését lendítette előre. Az evolúció második lényeges ereje a rendelkezésre álló örökletes anyag újraelosztása. Ezt az emberiség már nem is évszázadok hanem évezredek óta végzi, anélkül, hogy az alapjául szolgáló mechanizmust ismerné. A mutáció kísérleti úton történő kiváltásával, felfedezésével új fázis kezdődött a növénynemesítésben, hiszen megnyílt a lehetősége új, eddig nem létező örökletes anyag megteremtésének. A különböző növények besugárzásával folytatott genetikai és nemesítési jellegű kísérlet célja - a mutációk gyakoriságának a spontán mutabilitáshoz képest 100-1000-szeresre emelésre útján - gazdasági szempontból is hasznos változatok nyerése (BÁLINT, 1960). A mutációknak – annak ellenére, hogy túlnyomórészt káros - közvetett evolúciós-genetikai értéke is lehet, új kombinálódási lehetőségek forrása és növelheti egy állomány alkalmazkodóképességeit is (GUSTAFSSON és WETTSTEIN, 1958).

Muller és Stadler az ionizáló sugarak okozta, Auerbach, Ochkers és Rapoport a mutagén kemikáliák által kiváltott indukált mutációt bizonyította be. A növénynemesítők az indukált mutáció értékét csak lassan ismerték fel. Csak körülbelül 1965-től emelkedik észrevehetően azon kultúrnövényfajták száma, amelyek indukált mutációval és szelekcióval keletkeztek. Sokáig túlzott reményeket fűztek a mutációval elért eredményekhez. A gének irányított megváltoztatása kémiai és fizikai mutagének alkalmazásával elvileg nem lehetséges. Nem lehet megjósolni azt sem, hogy a mutagén módosító hatása mely géneket érinti és azt sem, hogy ezen géneket milyen természetű változás éri. Ezért a nemesítő többségében a nemesítési célnak nem megfelelő örökletes anyaggal szembesül. De ezen irányíthatatlanság nem csak hátrány, hiszen segítségével a nemesítő tekintélyes számú genetikai variációját kapja a kiindulási anyagnak (LINNERT és MICKE, 1997).

A különböző biokémiai vizsgálatok alátámasztották, hogy a sugárzás a szervezet életfolyamataira hat, azok minőségét, intenzitását változtatja meg (ERRERA, 1957). A mutáció által egy gén formája és legtöbbször funkciója is megváltozik. Ha a mutáció egy vagy kevés nukleotidpárra vonatkozik, pontmutációról beszélünk. A szubsztitúció által megváltozott bázissorrend módosító hatással bír a gén információtartalmára, a nukleotidok kiesése vagy betoldása az olvasási keret eltolódásához és ezáltal hibás genetikai információ leolvasásához vezet. Ennek a következménye pedig az lesz, hogy a transzkripcióról egy megváltozott mRNS s a transzlációnál pedig egy módosult polipeptid szintetizálódik. De az is lehetséges (sőt valószínű), hogy értelem nélküli gén jön létre és a mutált gén ez által funkcióját veszti. Ilyen inaktív gének többnyire recesszív allélként viselkednek a keresztezési kísérletekben. Génmutáció egy gén minden szakaszában felléphet, tehát a szabályozó területekben (operátor, promóter) is. Ott adott esetben a génexpresszió helyének, erősségének, időpontjának módosítását okozza. A mutagén-alkalmazás nélküli örökletes anyag megváltozást spontán mutációnak nevezzük. A DNS replikációjánál előforduló hiba fő okaként a spontán mutáció tehető felelőse. Az olyan bonyolult folyamat, mint a DNS megkettőződése csak ritkán tud hiba nélkül végbemenni. Azonban a sejtek rendelkeznek egy meglepő képességgel, a DNS szerkezet hibáját fel tudják ismerni és javítani is képesek. Azok a génmutációk tehát, amelyek a mitózis folyamata után végül fenotípusosan is megmutatkoznak, csak maradékai az eredetileg létrejött DNS változásnak, mely nem vagy hibásan lett kijavítva. Egy másik része a spontán mutációknak – az indukált mutációval elvben azonos - mutagén kémiai vegyületeknek, természetes izotópok radioaktivitásának, kozmikus sugárzás hatásának okaira vezethető vissza. Itt is a legtöbb mutáció eliminálódik vagy kijavításra kerül. Becslések szerint a spontán mutációs gyakorisága génenként és generációként 10^{-2} , de ez az érték 10^{-9} -re csökkenhet. Nyilvánvaló genetikai okai a spontán mutációk további részének, pl. a transzpozonok. Ezek több évtized óta intenzív kutatás tárgyai. Jelentőségük az evolúcióban bizonyosan nagyon nagy. Fontos szerepe a genetikában vitathatatlan, értéke a nemesítés számára még nem tisztázott.

Az indukált mutáció alkalmazása a növénynemesítésben már több mint hetven évre tekint vissza. Napjainkban már 2252 hivatalosan is elismert mutáns fajta létezik a világban, amelyet fizikai vagy kémiai mutagénnel hoztak létre. Az előzőekben említett számnak több mint a fele az utóbbi 20 év eredménye, s még több lehetne azoknak a növényfajtáknak a száma melyek nemesítéskor keresztezés útján építettek be mutált

géneket (MALUSZYNSKI és mtsai. 2000). A magas színvonalú növénytermesztésben az egyik alapvető tényező a fajta és annak genetikai termőképessége, minősége, termésbiztonsága. Korszerű hibridkombinációk előállításához jó lehetőségeket kínálnak az eltérő morfológiai jellegű mutánsok (PEPÓ és PEPÓ, 1993). Részletesen tanulmányozni kell a különböző sugárforrások specifikus hatását a gazdasági nézőpontból hasznos jellegekre vonatkozóan (BÁLINT, 1960).

A mutánsok gyakran nem közvetlenül, hanem keresztezések által épülnek be egy új fajtába (SZILÁGYI, 1978. cit. BÁLINT, 1996). A mutációs nemesítéssel létrehozott beltenyésztett vonalakkal megvalósított rekurrens szelekció kombinálható az *in vitro* szövetkultúrával és haploid technikával, továbbá kedvező minőségi tulajdonsággal rendelkező kombinációk hozhatók létre (PEPÓ, 2004; PEPÓ és mtsai. 2004).

PÁSZTOR (1994) kukorica kísérletei alapján megállapította, hogy nem minden esetben lehet közvetlenül a mutánsokat felhasználni a nemesítésben. Szükséges a tovább nemesítésük, vagyis a mutációs nemesítés sok esetben hosszú időt vesz igénybe. A kukoricanemesítés egyik legfontosabb tényezője a genetikailag változatos alapanyag. Továbbá fontos a beltenyésztett vonalak közötti rokonsági fok megállapítása is (RADY és NAGY, 1996).

HAJÓSNÉ és mtsai. (1996) kolhicin kezelt, majd krónikus gamma besugárzással előállított autotetraploid kukorica vonalak genetikai variabilitását vizsgálták. Szignifikáns különbségeket tapasztaltak az egyes vonalak gazdasági szempontból fontos jellegei között. SUTKA és BÁLINT (1971) kísérleteiben a különböző mennyiségi jellegek eltérően reagáltak a mutagén kezelésre.

A múlt század közepén a második világháború atomrobbantásainak következményei, az atomenergia békés célú felhasználásának környezetre gyakorolt hatásai adtak lendületet a kutatóknak a téma élénk tanulmányozásához a szűken vett növénynemesítési tudományágon kívül. Napjainkban az ózonréteg elvékonyodása, a káros UV sugarak okozta környezeti hatások ismét előtérbe helyezték a sugárzásbiológiai kutatásokat a környezetre s ezen belül kukoricanemesítés folyamataira is.

PINTÉR és mtsai. (2003) 2 éven keresztül vizsgálták a Magyarországon és Chilében beállított kukorica beltenyésztett vonalak stresszérzékenységét az UV-B sugárzással szemben. Vizsgálataikban egyértelműen a chilei területeken reagáltak a tesztelt vonalak nagyobb antocián képződéssel, a tenyésztéstől függetlenül különbséget

lehetett tenni az eltérő genotípusok magasabb UV-B sugárzás érzékenységére vonatkozóan.

2.4. A diallél analízis alkalmazása a kukoricanemesítésben

A mennyiségi jellegek genetikai elemzésére a legelterjedtebb módszer a diallél analízis. A módszerrel egy populációban vagy a kiválasztott szülőktől származó utódokban előforduló gének és a környezet hatását lehet becsülni (MOHAY, 1986).

E nemesítési módszer alapját képező (beltenyésztett) vonalak értékének elbírálása a keresztezéseikben mutatkozó teljesítőképességük, a kombinálódó-képesség alapján történik (DÁNIEL, 1966). Hazánkban DÁNIEL (1964) alkalmazta először a kombinálódó-képességi vizsgálatokra a diallél keresztezést. A módszer kialakulásáról Broadhurstot idézi (DÁNIEL, 1973), miszerint Smidt J. 1919-ben dolgozta ki és nevezte el „the method of complete intercrossing” a teljes egymásközi keresztezések módszerét. A módszert általa történő bevezetése óta széles körben alkalmazzák a különböző növények nemesítésében pl. mák (TÓTHNÉ LŐKÖS és HESZKY, 1994), búza (SZUNICS és mtsai. 1975, MATUZ 1976, KOVÁCS és mtsai. 1981, TÓTHNÉ LŐKÖS és mtsai. 1999), napraforgó (FÜREDI és FRANK, 1981), kukorica (DÁNIEL és BAJTAI, 1975; PEPÓ és mtsai. 1989; MARTON, 2002).

A hibridek teljesítőképessége összefüggésben áll a szülői beltenyésztett vonalak általános és specifikus kombinálódó-képességével (SPRAGUE és TATUM, 1942).

A párosítási modellek közül a diallél keresztezést alkalmazzák a legáltalánosabban, mivel ezzel nyerhető a vizsgált genotípusokról a legteljesebb körű genetikai információ. Lényege a beltenyésztett törzsek genetikai értékének keresztezéseikben megmutatkozó teljesítőképességük alapján történő elbírálása, az n számú szülőtől származó összes lehetséges keresztezési kombináció alapján létrejött n^2 tagból álló anyagot mint pánmixissel létrejött populáció elemezve (CSIZMADIA, 2001).

Az egyenes és reciprok keresztezések bevonása, valamint a szülői vonalak szerepeltetése a diallél keresztezések elemzésében teljesebb információt ad a vonalak nemesítési értékéről (LAZÁNYI, 1983).

A legjobb kombinálódó képességű beltenyésztett kukoricavonalak kiválogatása a nagy genetikai variabilitással rendelkező populációkból ezzel az eljárással történik.

Információt nyerhetünk a gének additív hatásairól, a jellegek kifejlődését szabályozó gének dominanciájának fokáról és irányáról. Az általános kombinálódó-képesség főleg a gének additív hatásán alapszik, a speciális kombinálódó képesség viszont főleg a dominanciának és az episztázisnak tulajdonítható. Ha egy vonal átlagos produktivitása nagyobb, mint a másiké, akkor valamelyik hibridjének elemzésén alapszik annak megállapítása, hogy vajon ennek a vonalnak jónak tekinthető-e az általános kombinálódó-képessége vagy sem (RÉDEI, 1987).

A kombinálódó-képesség vizsgálatához vonalak teljesítményét tanulmányozták és hasonlították össze a hibridkombinációkban (DÁNIEL és BAJTAY, 1975).

Beltenyésztett vonalak és hibridjeik diallél keresztezését végezték *Fusarium* fajok okozta betegség-ellenállóságra természetes (provokációs kísérlet nélkül) körülmények között PALAVERŠIC és mtsai. (1992, 1995), továbbá szignifikáns hatásokat találtak az általános és specifikus kombinálódó-képességnél, negatív korrelációt a szemtermés és a fertőzött növények százalékos aránya között.

AGUIR és mtsai. (2003) Griffing 4 módszere szerint értékelték a szemtermést, a növény magasságot, a csőeredés magasságát és a termékenyülési százalékot 4 beltenyésztett vonalnál. A szemtermésnél mind az additív (GCA), mind pedig a nem-additív (SCA) hatások fontosak voltak. A többi vizsgált jellemzőnél az additív hatások voltak jelentősek.

MARTON és mtsai. (2005) 8x8 diallél keresztezésben vizsgálták a beltenyésztett törzsek és hibridjeik tenyészdő hosszát. Megállapításuk szerint a tenyészdő generatív szakasza – szemben a vegetatív szakasszal – rendkívül variábilis.

GENOVA és GENOV (1995a) két kukorica vonalnál (W 401, Mo 21) alkalmazott mutagén kezelést (fizikai és kémiai mutagént). Az előállított mutánsvonalak tesztelése során megállapították, hogy a kedvező GCA értékkel rendelkező vonalak szintetikus fajták létrehozására, míg a kedvező SCA értékkel rendelkezők pedig a heterózis nemesítésben hibridek előállítására használhatóak fel.

Ugyanezen szerzők (GENOVA és GENOV, 1995b) további vizsgálataik alapján megállapították, hogy a mutáns vonalak a kiindulási vonalakhoz képest jobb kombinálódó-képességet mutattak.

ZHANG és mtsai. (1996) tíz beltenyésztett vonallal létrehozott teljes diallél rendszerben vizsgálták a vízleadó-képességet azzal a céllal, hogy gyors vízleadó, és alacsony szemnedvesség-tartalommal betakarítható vonalakat állítsanak elő.

2.5. A genetikai polimorfizmus vizsgálatának módszerei

A kiindulási nemesítési alapanyagok genetikai hátterének ismeretében törekedhetünk a produktivitás, az alkalmazkodóképesség, a minőség és a genetikai diverzitás egyidejű növelésére, a genetikai sebezhetőség minimalizálására (LÁNG, 2006). A genetikai különбözőség megállapításának a morfológiai – DUS bélyegek – vizsgálati módszerek mellett a molekuláris genetikai markerek alkalmazása is segítséget nyújthat. A kukoricánemesítésben használatos molekuláris markerezésre alapozott azonosítási technikák (izoenzim, RFLP, RAPD, stb.) döntően a nemesítési alapanyag genetikai változékonyságát és annak mértékét, a heterózis mértékének előrejelzését, fajtavédelmi kérdések tisztázását segítheti elő (HAJÓSNÉ NOVÁK és mtsai. 1996, NAGY és mtsai. 2000, 2003, 2005).

2.5.1. Morfológiai tulajdonságok leírás

A növényfajták megkülönböztethetőségi (Distinctness), az egyöntetűségi (Uniformity) és az állandósági (Stability) (DUS) tesztelését morfológiai és fenotípusos jellemzők alapján végzik (LAW és mtsai. 1999). A DUS-vizsgálatokban egyes fajoknál speciális feltételek, igények jelentkeznek. Így van ez a kukorica esetében is, melynél a vizsgálati anyag nagysága és heterogenitása jelent külön gondot (LÁZÁR és mtsai. 1998).

A Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal (MgSzH, 2007. január 1-től) jogelődjénél az Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézetben (OMMI) a szántóföldi növényfajták állami elismeréséhez és szabadalmazásához szükséges ún. DUS-vizsgálatok körében – méretét tekintve – a legjelentősebb növényfaj a kukorica (LÁZÁR és mtsai. 1998). A vizsgálandó anyagot (kukorica) az OMMI kísérletekben két helyen, Tordason és Debrecenben állítják be azonos módon.

A DUS-vizsgálat négy területre oszlik: a megkülönböztethetőségre, a homogenitásra (egyneműség), az állandóságra (stabilitásra) és a fajtaleírásra (LÁZÁR és mtsai. 1998). A termesztett fajták, hibridek és beltenyésztett vonalak szabatos leírása hasznos lehet mind a nemesítőknek, mind a termesztőknek és a mezőgazdasági árukereskedelemmel foglalkozó kereskedőknek egyaránt. 31 beltenyésztett vonal 57 morfológiai jellemzőjének adataiból állapított meg különféle összefüggéseket SMITH és SMITH (1989 a), magas ismételhetőséget figyelve meg a cső- és címer jellemzőknél.

A morfológiai jellemzők használata nagyon korlátozott a fajtaleírásoknál és ismételhetősége is bizonytalan, hiszen nagyban befolyásolhatják a genetikai kapcsolat érvényre jutását a környezeti tényezők (CAMUSSI és mtsai. 1983, 1985).

Harmincegy beltenyésztett kukorica vonal közötti rokonsági összefüggések feltárását és leírását végezte el SMITH és SMITH (1989 b) morfológiai, biokémiai és genetikai adatok alapján. Megállapításaik szerint a morfológiai és biokémiai adatok felhasználhatóak a pedigré szabatos ellenőrzésére. Azonban az egyéni jellegek több precíz tesztjére van szükség, például a heterózis vizsgálatoknál.

Az UPOV Konvenció adja a növényfajták DUS-tesztelésére alapozott rendszert, melyet széles körben és sok országban elfogadtak és használnak (MAURIA, 2000). A DUS-vizsgálatok eredményeként kapott fajtaleírások segítségével a leghasonlóbb fajta meghatározása illetve a hasonlósági csoportok vizsgálata is lehetségessé válik (VERESS és MATÓK, 1999). Ugyanezen szerzők megállapítják, hogy a fajtaoltalmi jog alakulása és a biotechnológia fejlődése, a „lényegében származtatott fajta” fogalmának megjelenése a hasonlósági vizsgálatok egyre nagyobb szerepét vetíti elő a jövőben.

VERESS és LÁZÁR (1997) dolgozatukban kiemelik, hogy vizsgálataik során (OMMI kísérlet) a legfontosabb terület a megkülönböztethetőség megállapítása, amely erősen függ a figyelembe vett tulajdonság jellegétől. A DUS-megkülönböztethetőségi vizsgálatok a tulajdonságonkénti fajta-összehasonlíthatásra épülnek. Ha bármelyik vizsgált tulajdonságra a vizsgált fajtapár világosan és következetesen eltérő, akkor a két fajta egymástól megkülönböztethető.

2.5.2. A tartalék fehérje mintázatok jelentősége a polimorfizmus vizsgálatokban

A kukoricaszem alap tartalékfehérjéi a prolaminok (zein). A zeint 1821-ben fedezte fel és írta le Gorham. A zein az endospermium fehérjéinek átlagosan 44-79 %-át alkotja, mely értékek függnék a kukorica fajtájától és a szétválasztási módszertől (LAWTON és WILSON, 2003).

A zeineket oldhatóságuk alapján négy típusra (α , β , γ és δ) lehet osztani (ESEN, 1987). A legnagyobb részét a kukorica prolaminjainak az α -zein teszi ki, az összes zein kb. 70 %-a (THOMPSON és LARKINS, 1989). Több szerző (WILSON, 1985; SMITH és SMITH, 1988) használta az α -zein heterogenitását a kukorica genotípusok

azonosítására. WILSON és mtsai. (1989) izoelektromos fókuszálást (IEF) használt a zein gének azonosítására és talált két kapcsoltsági csoportot a 4-es kromoszómán és a egyet a 7-es kromoszómán.

NESZMÉLYI (1997) izoelektromos fókuszálással (IEF) vizsgált különféle hibrideket és szülői vonalait a genetikai tisztaságuk megállapítása végett. Az IEF a szemben található tartalékfehérje (zein) poliakril-amid gélen történő szétválasztásán alapszik. A fehérjék extrakció, elektromos mezőben történő szétválasztás, fixálás és festés után határozott sávok formájában láthatók, kapott mintázatuk segítségével faj- és fajtaazonosságuk megállapítható.

Mivel a zein mintázatot a környezeti tényezők nem befolyásolják, a zein-polimorfizmussal beltenyésztett kukoricavonalak és –hibridek genetikai azonosságát vagy különbözőségét lehet kimutatni (HAJÓSNÉ, 1999). Az előző szerző megállapítása szerint a teljes genetikai különbözőséget azonban a zein polimorfizmussal sem lehet kimutatni.

DE FREITAS és mtsai. (2005) a kukorica prolaminjaira alapozott biokémiai tanulmányt készítettek a Madeiran kukorica génbankból származó genotípusok genetikai variabilitásáról. Két különböző technikával (SDS-PAGE és savas-PAGE) hasonlítottak össze 44 kukorica populáció genetikai variabilitását és az eredményeiket főkomponens és hasonlósági analízissel dolgozták fel. Eredményeik a zein polimorfizmus fontosságát hangsúlyozzák a kukoricák csíraplazmáinak értékelésében.

2.5.3. A DNS alapú amplifikált fragmentumhossz polimorfizmus (AFLP) alkalmazása a különbözőség és/vagy azonosság kimutatására

A különböző hagyományos és új módszerekkel indukált genetikai variabilitás azonosítására elterjedten használják a polimeráz láncreakción (PCR) alapuló DNS technikákat (ANON., 2004; LI és ZHANG, 2002). A molekuláris technikák a szántóföldön felvételezett morfológiai adatokkal együtt lehetővé teszik a nemesítési anyagok azonosítását (BÁNYAI és mtsai. 2005). Molekuláris markerekkel a genotípusokat DNS szinten lehet összehasonlítani.

Az első DNS szintű, de nem a PCR technikán alapuló marker a restrikciós fragmentumhossz polimorfizmus (RFLP) volt. Számos cikk jelent meg a kukorica nemesítésben történő alkalmazhatóságáról (pl. MESSMER és mtsai. 1992, 1993). Az

RFLP technikával nagyszámú polimorf lókuszt lehetett kimutatni a vizsgálatok során, de néhány hátránya miatt a PCR alapú technikák irányába fordultak a kutatások (OLIVEIRA és mtsai. 2004). A számtalan, polimeráz láncreakción alapuló módszer közül az egyik legdrágább, de legnagyobb felbontó képességű az amplifikált fragmentumhossz polimorfizmus, AFLP. Ehhez bármilyen sejtből származó DNS megfelelő.

A vizsgálat során detektálásra kerülő fragmentumok száma a megfelelő primer set kiválasztásával beállítható. Az AFLP technika valójában nem a DNS fragmentumok hosszában meglévő különbség kimutatására alkalmas, hanem az adott restrikciós fragmentumok jelenlétét illetve azok hiányát szemlélteti (AJMONE és mtsai. 2001). AFLP technika a teljesen emésztett genomikus DNS restrikciós fragmentumok szelektív PCR-rel történő felszaporításán alapszik (VOS és mtsai. 1995). Az AFLP hatékony DNS ujjlenyomat technika, amely különböző komplexitású és eredetű genomok összehasonlító elemzésére alkalmas (KISS, 1999).

Az AFLP technika alkalmazásakor a DNS-t restrikciós endonukleázokkal kisebb fragmentumokra darabolják, majd duplaszálú adapterek ligálása történik a DNS fragmentumok végeihez. Ezek templátként szerepelnek a DNS amplifikáció alatt. Az adapterek szekvenciája és a restrikciós helyek kötőhelyül szolgálnak a primer számára, ami az amplifikáció elindításához szükséges. Szelektív nukleotidokat (1-3 darabot) alkalmaznak a PCR primerek 3' végén, így a DNS fragmentumoknak csak egy meghatározott hányada amplifikálódik, azok a nukleotid darabok, amiknek adapter utáni szekvenciája megegyezik a primer szelektív nukleotidja(i)val.

Fontos a megfelelő restrikciós endonukleáz kiválasztása. Az *EcoRI/MseI* AFLP markerek jól reprezentálják az egész kukorica genomot, de az 1-es kromoszómán nagy számú marker található. Ugyanakkor meg kell jegyezni azt is, hogy az *EcoRI* AFLP markerek különösen a centromer régióban lokalizálódnak. A *PstI/MseI* által generált markerek véletlenszerűen, egyenletesen oszlanak el az összes kromoszómán. A 7-es kromoszómán különösen nagyszámú AFLP marker figyelhető meg a telomer régióban a centromeron régióhoz viszonyítva. A tapasztalatok szerint a *PstI/MseI* kombináció alkalmasabb gyakorlati felhasználásra, egyrészt a profil könnyebb megfigyelhetősége miatt, ami a gélen megjelenő kisebb számú sávnak és a redukált háttérnek köszönhető, másrészt pedig abból az okból, hogy az így megfigyelhető markerek eloszlása véletlenszerűbb a kromoszómák között és egyenletesebb az egyes kromoszómákon is, összehasonlítva az *EcoRI/MseI* kombinációval (CASTIGLIONI, 1999).

Az AFLP markerek magas reprodukálhatóságot mutatnak ellentétben az RAPD markereivel (LÜBBERSTEDT és mtsai. 2000). Az RFLP-vel szemben az AFLP nagy előnye az, hogy olyan kapcsoltsági csoportok, amelyek azonosítása nem lehetséges az RFLP-vel, kimutatható az AFLP technikával, különösen a telomer környéki régióban, ami korábban szinte teljesen mentes volt detektálható markerektől (AJMONE és mtsai. 2001). Nagy előnye az AFLP módszernek, hogy egyetlen PCR reakció jelentős polimorfizmus detektálását teszi lehetővé. Kivitelezéséhez nincs szükség előzetes szekvencia információkra, ezenkívül a reakciók eredményeként kapott komplex sávmintázatokban közeli rokon genotípusok esetén is viszonylag nagy valószínűséggel találhatók több lókuszra nézve polimorf fragmentumok (NAGY, 1999; ZUBOR és mtsai. 2003).

AFLP markereket alkalmaztak kukoricában a genetikai távolság és a hibridek teljesítőképességének összehasonlító vizsgálatánál (AJMONE és mtsai. 1998) és beltenyésztett kukoricavonalak genetikai hasonlóságának összehasonlító elemzésénél (PEJIC és mtsai. 1998).

A genotípusok közötti kapcsolatokról a keresztezések során szerzett ismereteket, valamint a rendelkezésre álló örökítő anyagból nyert genetikai diverzitásra vonatkozó tudást jól fel lehet használni a növénynemesítésben.

Napraforgónál (*Helianthus annuus* L.) a genetikai távolságok, a hibrid teljesítményét valamint a heterózis kapcsolatát vizsgálták és szignifikáns korrelációt találtak a hibridek termésmennyisége és a genetikai távolság között (CHERES, 2000).

ZUBOR és mtsai. (2005) vizsgálataik alapján az AFLP módszer alkalmasnak bizonyult a *Poa* fajok, azon belül is a réti perje rokonsági kör molekuláris taxonómiai vizsgálatához.

Az árpa (*Hordeum vulgare*) esetében vizsgálták az AFLP markerek a pedigre adatok és a morfológiai tulajdonságok közötti kapcsolatot. A szóban forgó kísérlet alanyai esetében az AFLP-vel nem lehetett túl nagy polimorfizmust kimutatni, de még így is az összes primer kombináció alkalmasnak bizonyult az összes genotípus elkülönítésére (SCHUT, 1997). DILLMAN és mtsai. (1997) RFLP módszerrel különböző kukorica genotípusok polimorfizmus vizsgálatát végezték el és hasonlították össze a vonalak morfológiai távolságával. Vizsgálatuk szerint a molekuláris szintű különbözőség limitáló faktorként viselkedik a morfológiai eltérésekkel szemben.

AJMONE és mtsai. (1998) az AFLP markereket hatékonyabbnak találták az RFLP markereknél, hiszen az 1998-ban publikált adataik szerint egyetlen AFLP reakcióban 100-200 lókuszt vizsgálható, szemben az RFLP módszerrel kimutatható néhány lókusszal.

VOS és mtsai. (1995) kimutatták, hogy az AFLP technika megbízható és jól reprodukálható marker rendszer, amely nagy számú DNS minta feldolgozásánál is gazdaságosan alkalmazható.

A kukoricanemesítők előtt álló nagy kihívás olyan beltenyésztett vonalak kiválasztása, amelyek keresztezése során a keletkező hibridekben a heterózis hatás nagymértékben érvényesül. Az AFLP módszeren alapuló specifikus genetikai távolságok és a specifikus kombinálódó-képességek hatásai közötti korreláció hasznos lehet a gyakorlati növénynemesítésben, a hibridek teljesítményének az előrejelzésében (AJMONE és mtsai. 1998). A genetikai távolságok értékének eltérései a beltenyésztett vonalak között azt mutatja, hogy az eltérő heterotikus csoportokból származó vonalak genetikailag nagyobb mértékben térnek el, mint az azonos heterotikus csoportból származók (AJMONE és mtsai. 1998).

2.6. Keresztezési irányok vizsgálata a kukoricánál

A kukoricanemesítésben kiemelkedő fontosságú az egyes keresztezési partnerek teljesítőképességének és kombinációs értékének ismerete. Az egyszeres és reciprok keresztezések közötti különbségek vizsgálata napjainkban jelentős szereppel bír mind a vetőmagtermesztésben, mind az alap kutatásban egyaránt. Kevés hazai szakirodalom létezik a témával kapcsolatban (BERZY és mtsai. 2005), mely szintén a téma jelentőségére hívja fel a figyelmet.

KOVÁCS (1963) martonvásári egyenes és reciprok anyai egyszeres keresztezéseket vizsgált. Megállapításai szerint a két előállított hibrid termőképessége között nem mutatkozott különbség. A szülők felcserélését indokolhatja az is, hogy az egyes vonalak plazmaállománya sem egyformán játszik szerepet az agronómiai tulajdonságok kialakításában. A szülők szerepének felcserélésével adott esetben megoldható a gazdaságosabb vetőmagelőállítás (NAGY, 1982).

NAGY (1982) eltérő tenyésztési törzsek egyszeres keresztezéseinél négy tulajdonságot vizsgált (75 %-os címvirágzásig eltelt napok száma, betakarításkori szemnedvesség %, betakarításkori szárszilárdsági hiba %, növényenkénti száraz

szemtermés g/növény). Szignifikáns plazmahatást csak egy törzs esetén talált az egy növényre eső száraz szemtermés vonatkozásában. Véleménye szerint az anyai hatás legfeljebb virágzásig mutatható ki. NAGY (1985) 14 korai SC hibrid és azok reciprok változatánál vizsgálta a levélszámot, a csőmagasságot, a csőhosszúságot, a csutkatömeget, a szemsorszámot, a csőtömeget, a szemtömeget, az 500 szemtömeget, a morzsolási %-ot és az olajtartalmat. Az összehasonlított adatpárok negyed részénél $P=5\%$, vagy azt meghaladó szinten megbízható eltérést tudott kimutatni. Két tulajdonságnál (levélszám, csutkatömeg) az apai szülő nagyobb gyakorisággal határozta meg az F_1 generáció értékét. A morzsolási %-ra vonatkozó megfigyelések nem adtak egyértelmű eredményt. A vizsgált tulajdonságok többségénél (csőmagasság, csőhosszúság, szemsorszám, csőtömeg, szemtömeg, 500 szemtömeg, olajtartalom) az anyai szülő nagyobb befolyását lehetett bizonyítani.

FLEMING és mtsai. (1960) négyvonalas hibrideken vizsgálta az anyai hatást. A növény- és a csőmagasság vizsgálata során megbízható különbségeket talált az egyenes és reciprok keresztezések között. A legtöbb esetben a hibrid a citoplazmát adó anyai szülő fenotípusát tükrözte.

GYENESNÉ HEGYI és mtsai. (2001b) 12 egyenes és 12 reciprok hibrid fehérje- és olajtartalmát vizsgálva sem a fehérje-, sem az olajtartalomban nem tapasztalt heterózist a szülői átlaghoz képest. Tíz esetben az egyenes és a reciprok hibridek között szignifikáns különbségek voltak a fehérjetartalomban. Az olajtartalom tekintetében az egyenes és a reciprok hibridek között statisztikailag igazolható eltérés nem volt.

A növénymagasságot és csőeredési magasságot több szerző is vizsgálta (GYENESNÉ HEGYI és mtsai. 2002 a, b; HEGYI és mtsai. 2005 a, b; ZSUBORI és mtsai. 2002). Megállapításaik szerint az egyik legfontosabb jellemzője egy fajtának, amely tulajdonságpár szoros korrelációban van több más morfológiai jellemzővel.

BONEA és URECHEAN (2003) 15 egyenes és reciprok keresztezésben vizsgálta a szemtermés és a nyersfehérje % kapcsolatát. Szignifikáns különbséget tapasztaltak az egyenes és reciprok keresztezéssel létrejött hibridekben e két tulajdonságpár tekintetében. A keresztezési irány megválasztásával e két jellemző tekintetében a irodalmi adatokból ismert negatív korreláció ellenére kiválaszthatók korrelációtörő hibridek.

SCHUETZ és MOCK (1978) hat keresztezésben vizsgálta a címer elágazások számának öröklődését. Additív, domináns és episztatikus génhatásokat detektáltak e jelleg öröklődésében, de ezek közül az additív hatás volt a legfontosabb.

KHEHRA és BHALLA (1976) tíz genetikailag különböző kukorica fajtát keresztezett a reciprokokat is beleértve. A reciprok hatás tekintetében nagyobb különbséget észleltek a korai x kései kombinációkban, mint a korai x korai vagy a kései x kései érésidejű kombinációkban.

POLLMER és mtsai. (1978) szerint a reciprok különbségek instabilitása és az alacsony terjedelműk miatt nehéz a kereskedelmi értéküket kiaknázni, azonban vizsgálatukban majd minden tulajdonságnál mutattak ki különbséget, ezek az információk pedig a nemesítési alapanyag becslésénél jelentősek.

2.7. A hektolitertömeg értékét befolyásoló tényezők

A közelmúltban – 2006-ban - megszigorodott Európai Unió követelmények az intervencióra felajánlható kukorica tételek minőségi átvételével kapcsolatban több kérdést is felvetett. Az eddigi szabványos (MSZ 12540, 1998) nedvességtartalom értéket maximum 14,5 %-ról 13,5 %-ra, a tört szemek arányát max. 8%-ról 5%-ra, a hősérült szemek arányát max. 3%-ról 0,5%-ra módosították az intervenció átvételénél 2006. november 1-től (FVM, 2006a). Az előírt hektolitertömegnek pedig minimum 71 kg/hl értékűnek kell lennie. A hektolitertömeg már eddig is szerepelt a kukorica minőségi jellemzőinek vizsgálataiban (GYŐRI és GYŐRINÉ MILE, 2002). Azonban kevés információ lelhető fel a hazai szakirodalomban a hektolitertömeg értékének kialakulását befolyásoló tényezőkkel kapcsolatban.

A hektolitertömeg (bulk density, test weight) meghatározott kukorica tételek tárolásához és szállításához szükséges térfogat kiszámításához jól alkalmazható mutató (SZÉL, 2006). Az Egyesült Államokban a hektolitertömeget font/bushel illetve a metrikus rendszerben kg/hl dimenzióban adják meg (1lb/bu = 1,2872 kg/hl). Az U.S. No. 1. fokú sárga lófogú kukoricának minimális hektolitertömege 56 lb/bu vagy 72,08 kg/hl (PAULSEN és mtsai. 2003). Az előbbi szerzők összefoglaló fejezetrészt szántak a témára, amely jelzi a hektolitertömeg kiemelkedő szerepét a kukorica minőségi jellemzői közt az USA-ban.

A hektolitertömeg értéke viszonylag független a szemek alakjától (HLYNKA és BUSHUK, 1959; cit. PAULSEN és mtsai. 2003). A lapos szemű kukorica frakció hektolitertömege megközelítőleg 1,93 kg/hl-rel kevesebb, mint a gömbölyű szemeké (POMERANZ és mtsai. 1985).

A hektolitertömeg értékére hatással van a kukorica nedvességtartalma. Több szerző megállapítása (HALL, 1972; cit. PAULSEN és mtsai. 2003; HALL és HILL, 1974; cit. PAULSEN és mtsai. 2003) alapján a hektolitertömeg növekedésére a szárítás folyamán hatással van a kukorica kiindulási nedvesség-tartalma, a sérült, tört szemek mennyisége, a szárítási hőmérséklet, a kukorica végleges nedvesség-tartalma és a fajta. A szárítási hőmérséklet esetében a 15,5 %-os nedvesség-tartalmú kukorica hektolitertömege 1,93 kg/hl-rel magasabb, ha 21 °C-on szárítjuk, mint 104 °C-os szárítási hőmérséklet esetén (PAULSEN és mtsai. 2003). PEPLINSKI és mtsai. (1989) hat változó genetikai háttérű sárga lófogú kukoricahibrid fizikai, kémiai és száraz-örlési jellemzőit vizsgálták. Nem mutattak nagy eltéréseket a vizsgált hibridek a hektolitertömeg tekintetében a 60 °C-os, illetve a 25 °C-os szárítási hőmérsékletnél. Míg PEPLINSKI és mtsai. (1975) és BREKKE és mtsai. (1973) cit. PEPLINSKI és mtsai. 1989) kimutatták, hogy alacsonyabb a kukorica hektolitertömege, ha 82 °C-on vagy magasabb hőmérsékleten szárítják.

A kukorica érési folyamatában a szemek telítődését gátló tényezők (kedvezőtlen időjárás, korai fagy, betegség) hektolitertömeg veszteséget okoznak (SZÉL, 2006). Az kukorica érésideje (FORREST, 2001), érése összefüggésben van a szemnedvesség-tartalom csökkenésével és ezáltal a hektolitertömeg értékének változásával is (NELSON, 1980; cit. PAULSEN és mtsai. 2003). HILLIARD és DAYNARD (1974) a hektolitertömeg értékét és más fizikai paramétereket vizsgáltak két egymást követő évben Ontario állam (USA) 26 különböző hőösszeggel – 2500-3500 CHU, Corn Heat Unit – jellemezhető tartományában. Szignifikáns pozitív korrelációt találtak a hektolitertömeg és a kukorica tenyészidejében rendelkezésre álló hőegység között, illetve a 1000 szemsúly és a hektolitertömeg között. Az alacsonyabb CHU régiókban alacsonyabb hektolitertömeg értékeket állapítottak meg. Jelentős évjáráthatással is számolni kellett. Ez részben a genetikai faktornak és az agronómiai gyakorlatnak tudható be. Az alacsonyabb hőegységű területeken magasabb nedvességtartalommal takarítják be a kukoricát, mellyel így a hektolitertömeg értékét is befolyásolják. Vizsgálataikban megállapították továbbá, hogy nincs szignifikáns összefüggés a hektolitertömeg és a keményítő vagy fehérjetartalom között. A nagyobb betakarításkori szemnedvesség-tartalmú kukorica hektolitertömeg értéke kedvezőtlenebb. A hektolitertömeg és a takarmányozási eredmények közötti összefüggések nem ellentmondásmentesek, hiszen különböző tényezők játszhatnak szerepet a hektolitertömeg csökkenésében és a kukorica beltartalmi értékének változásában

egyenként (PAULSEN és mtsai. 2003). Több szerző is (JOHNSON és RUSSEL, 1982; LEFORD és RUSSEL, 1985; PAULSEN és HILL, 1985) genetikai különbséget mutatott ki a kukorica vonalak között a fizikai minőségi jellemzők tekintetében. A száraz őrlésnél (grízkinyerésnél) nagy jelentősége van a hektolitertömegnek, szoros pozitív korreláció áll fenn a grízkinyeréssel (PAULSEN és HILL, 1985). Hasonló megállapításokat tett KIRLEIS és STROSHINE (1990) illetve MAZIYA-DIXON és mtsai. (2000).

A fajta szerepére a hektolitertömegnél VYN és TOLLENAAR (1998) hívja fel a figyelmet. Hat kereskedelmi hibrid terméseredményét és kémiai, fizikai paramétereit vizsgálták két termőhelyen Ontario államban 1959-1988 között, illetve két különböző állománysűrűség mellett 1986 és 1987-ben. Az elmúlt három évtized kukorica terméseredményét és minőségi jellemzőit megvizsgálva növekedést tapasztaltak a hektolitertömeg értékében több mai hibridnél. Az alacsony növény-sűrűség mellett magasabb hektolitertömeg értékeket tapasztaltak. YADAV és mtsai. (2003) diallél keresztezésben vizsgálták a nedvesség okozta stressztűrő-képességet nyolc különböző genetikai háttérű vonalnál. Magas örökölhetőségi értéket állapítottak meg a diallél analízis során a hektolitertömeg esetében öntözés nélküli és öntözött körülmények között. Pozitív szignifikáns korrelációt mutattak ki a termés és a hektolitertömeg között. SIPOS és PIUKOVICS (2006) szerint a hektolitertömeg minimum értékének bevezetése hazánkban a hibrid kiválasztásakor meghatározhatja a végtermék eladhatóságát. Vizsgálataikban 5 különböző adottságú termőhelyről vettek mintát a 2007-ben bevezetendő hibridjeikből és az általánosan elfogadott módszer alapján rozs-hektolitertömeg táblázatot használtak és számolták ki a megfelelő értékeket. Megállapításaik szerint, az egyes hibridek hektolitertömegei termőhelyenként változtak, azonban a hibridek közötti sorrend nagymértékben azonos volt.

A 71/347 és 71/316 EU irányelvek és az ISO 7971-2:1995 szabvány rendelkezik a gabonák fajsúlymérési módszeréről. Az EU tagországokban általánosan 1 literes mérőeszközzel mérik a gabonák fajsúlyát. Ebben az esetben g/l-ben kapjuk meg az értéket, amit egy szorzóval át lehet számolni kg/hl-re. A szorzószámokat az ISO 7971-2:1995 szabvány tartalmazza. A szorzószám gabonánként eltérő, azonban kukoricára jelenleg nincs ilyen szorzószám meghatározva sem a hazai, sem a nemzetközi szabványokban. A kukoricánál a rozs szorzószámait, korrekciós értékeit kell alkalmazni, mert a nemzetközileg legáltalánosabban alkalmazott amerikai szabvány

szerint a rozs fajsúly értékei állnak a legközelebb a kukoricához az ISO 7971-2 szabványban meghatározott négy gabona közül (búza, árpa, rozs, rizs) (FVM, 2006b)

2.8. Címeralkotó elemek felépítés és kapcsolata néhány mennyiségi tulajdonsággal

Napjainkban egyre nagyobb figyelem terelődik a kukoricanemesítésben azon jellemzők szelekciójának irányába, melyek az energia átalakulás irányításával a maximális terméseredmény elérését teszik lehetővé nagy hatékonysággal.

Ilyen jellemzők többek között a növény felépítésében szerepet játszó növénymagasság, a csőeredési magasság, a levelek száma, levélterülete, melyek a növény teljesítőképességére nagymértékben befolyással lehetnek. A fent felsorolt jellemzőkön kívül a címer mérete is jelentős hatással lehet a növény teljesítményére vagy fiziológiai-, (versengés a fotoszintézisben) vagy fizikai (árnyékolás) értelemben (BUREN és mtsai. 1974; MOCK és SCHUETZ, 1974).

A kukorica hímvirágzata a címer, melynek alkotórészeinek vizsgálata napjainkban egyre inkább előtérbe kerül. A kukorica egylaki, váltivarú növény, így a kukorica növény sikeres reprodukáló képessége nagymértékben függ a porzósvirágzat (címer) kifejlődésétől (BOCZ, 1992). A pollen mennyiségét elsődlegesen befolyásoló címeralkotók felépítése és mérete döntő tényezők lehetnek a sikeres vetőmagtermesztésnek, nemesítési folyamatoknak. Számos kutató vizsgálta a pollen és a címer összetevői közötti kapcsolatot (VIDAL-MARTÍNEZ és mtsai. 2001 a, b, 2004; FONSECA és mtsai. 2003; RÁCZ és mtsai. 2006 a, b).

Több szerző is vizsgálta a címer karaktereinek öröklésmenetét. Az címer elsőrendű elágazás számának (a továbbiakban a címerágak számának) öröklésmenetével foglalkozott MOCK és SCHUETZ, (1974), akik megállapították, hogy a címerágak száma kvantitatív öröklésmenetet mutat és az heritabilitása magas. A kukorica címer súlyára, a címerágak számára és a címer hosszúságára 36.1, 45.8, 28.8% örökölhetőséget állapított meg GERALDI és mtsai. (1978). A kukoricanemesítők munkáját megkönnyítette, hogy a szelekciót vizuálisan is végre lehetett hajtani, a címer eltávolítása nélkül. A címer jellegeinek öröklésmenete nem teljesen tisztázott (BERKE és ROCHEFORD, 1999). A nemesítési programokban a genetikai korreláció egy fontos alkalmazása az alacsony örökölhetőségi értékszámmal jellemezhető tulajdonságok közvetett szelekciójára vonatkozik (FALCONER, 1964; VENCOVSKY és BARRIGA,

1992). A kukoricánál két másodlagos jelleget azonosítottak közvetett kiválasztásra a termés növeléséhez: a termékenységet (PATERNIANI, 1981) és címer méretet (GERALDI és mtsai. 1985). A címer elágazások számai összefüggésben vannak a szemterméssel (VIDAL-MARTÍNEZ és mtsai. 2001a), közöttük negatív korreláció van (GERALDI és mtsai. 1978, 1985; GYENESNÉ HEGYI és mtsai. 2001a; HEGYI, 2003). FRUNCE és GARBUR (1989) vizsgálataik során hasonló megállapításokat tettek. Kísérletükben a címertömeg és a címerágak száma negatív korrelációban volt a terméssel. A címersúly is negatív korrelációban áll a szemterméssel, ebből következik, hogy a címer súlya és a címer elágazások száma között pozitív kapcsolat van (GERALDI és mtsai. 1985). Így a címerágak számának és a címer méretének csökkentésére irányuló szelekció közvetett módon a termés mennyiségének növelését vonja maga után. A kisebb méretű címerre történő szelekció csökkenti a növény címerre fordítandó energia felhasználását és csökkenti a zászlós és felálló levelek árnyékolását (LAMBERT és JOHNSON, 1977). Azonban a kisebb címerméret az apaként felhasznált szülői vonalaknál egyes esetekben F_1 vetőmag-előállításban és az apavonal fenntartásában problémát jelenthet, a nem kielégítő pollentermelés és pollen szórás miatt (WYCH, 1988). Szoros korrelációt talált OBILANA és HALLAUER (1974) kísérletükben a növény- és csőeredési magasság, valamint a címermagasság és a címerágak hossza között.

SMITH és mtsai. (1982) negatív korrelációt találtak a címer elágazások száma és a terméseredmény között, míg pozitív korrelációt mutattak ki a címer elágazások száma és meddő növények között. Ez utóbbi összefüggésnek a jelentősége magasabb növényesűrűségnél még inkább szerepet játszik. A címeroldalágak száma a pollen mennyiségét meghatározó tényező (VIDAL-MARTÍNEZ és mtsai. 2001 a). A nagy címerág szám domináns az alacsony címerághoz képest (MOCK és SCHUETZ, 1974; GYENESNÉ HEGYI és mtsai. 2001a, b; HEGYI, 2003). HEGYI, (2003) vizsgálataiban megállapította, hogy a kukoricavonalak egyedi produkciója és a címerágak között negatív korreláció volt.

2.9. A kukorica, mint funkcionális élelmiszer vizsgálatának jelentősége

2.9.1. A kukorica egészségre gyakorolt hatása

A teljes kiőrlésű gabonafogyasztás kapcsolatba hozható bizonyos krónikus betegségek csökkenő kockázatával. Ez a hatás – többek között - a diétás rostok és a fitokemikáliák jelenlétével hozható összefüggésbe, amelyek leküzdik a testben az oxidatív stresszt. Számos tanulmány jelent meg a gabonafélék egészségre gyakorolt pozitív hatásairól, a búza és a zab esetében. Ugyanezt nem lehet elmondani a kukoricáról és a kukoricatermékekről még akkor sem, ha a kukoricát széles körben használják étkezési célokra az USA-ban és a közép és dél-amerikai országokban (PLATE és GALLAHER, 2005).

Az elmúlt néhány évtized óta növekvő érdeklődés mutatkozott a teljes kiőrlésű gabonák, gyümölcsök, zöldségek potenciális egészségjavító hatása iránt. Ennek ellenére minimális figyelem irányul a kukorica és a kukoricatermékek egészségjavító hatása felé.

Napjainkban előtérbe került az egészséges életmód alapköveként olyan feledésbe merült vagy újonnan felfedezett növények fogyasztása, melyek valamilyen beltartalmi tulajdonságuknál fogva kedvező hatást gyakorolnak az emberi szervezetre. Az utóbbi fél évszázadban az élelmiszertechnológia ugrásszerű változáson ment keresztül. Egyre több és egyre nagyobb mennyiségben tartalmaznak az élelmiszerek mesterséges adalékanyagokat, szintetikusan előállított készítményeket. Az élelmiszerbiztonság és az egészséges táplálkozás előtérbe kerülésével azonban ezektől a termékektől egyre inkább elállnak a fogyasztók. Keresik az alternatívát, s ez az élelmiszeripart újabb kihívás elé állítja. Mint oly sokszor a mindennapjainkban, most is az alapoknál, a természetben lehet megtalálni azokat a lehetséges forrásokat, melyekkel helyettesíteni tudjuk a szintetikusan előállított alapanyagokat (DIAZ DE LA GARZA és mtsai. 1999). A mesterséges élelmiszerszínezékek jó alternatívái lehetnek a színyanyagokban gazdag természetes növényi források (ESPÍN és mtsai. 2000). Az antociánok és a flavonoid pigmentek a növényi termékekben nagy változatosságban állnak rendelkezésre. Nemcsak mint potenciális színezékanyagok, hiszen antioxidáns aktivitással is rendelkeznek. Nagy előnyük, hogy egészségügyi szempontból is biztonságos a felhasználásuk; nem toxikusak és nincs mutagén hatásuk (PASCUAL-TERESA és mtsai. 2002). Ezen növények közé tartoznak a különböző szemszínű (vörös, kék, lila) kukoricák is.

2.9.2. Az antioxidánsok szerepe, jelentősége

BOGDÁN és mtsai. (1992) szerint az antioxidánsok védőhatása egyrészt a zsíradékok oxidációjának meggátolásán, késleltetésén, másrészt az oxidációt katalizáló fémnyomok megkötésén alapszik. A szabad gyökök semlegesítésén túl redukálószerként is hatnak, a keletkező peroxidokat hidroxivegyületekké alakítják. Ezen folyamatok közben az antioxidánsok felhasználódnak, így hatásuk időleges.

Az antioxidánsok olyan vegyületek, amelyek képesek az élő szervezetben is keletkező szabad gyökökkel reakcióba lépni, azok káros hatását csökkenteni. VERESS és FÁRI (2004) összefoglaló munkájukban PASSWATERT (1999) idézik az antioxidánsok általános biológiai jelentőségéről, miszerint az emberi szervezetben a különféle enzimreakciók és káros külső hatások által szabad gyökök keletkeznek. Ezek a szervezet öregedése mellett, különböző betegségek előidézői is lehetnek, például immunrendszeri problémákat, rákot, érrendszeri megbetegedéseket, idézhetnek elő.

Az antioxidánsokra jellemző, hogy többségük többféle hatásmechanizmus révén képes gátolni az oxidációt és sok esetben egymással szinergizálva hatnak. A szabad gyökös reakciókkal szembeni antioxidáns védelmi mechanizmusa enzimes és nem enzimes elemekből áll, amelyeknek egy része csak a növényekben szintetizálódik, és ezekhez az emberi és állati szervezetek csak táplálékkal jutnak hozzá (KONG és mtsai. 2003).

A kismolekulájú antioxidánsok közé tartozik a vitaminok közül a C-, az E- és az A- vitamin, valamint a karotinoidok. A vitaminokon kívül antioxidáns hatásúak még a koenzimek (Co-Q10), mikroelemek (Se, Zn, Sn, Mn), antocianinok (cianidin, delphinidin, malvidin, pelargonidin, peonidin, petunidin), flavanolok (galluszsav származékok, katechin, epikatechin, epikatechin-gallát), flavanonok (hesperetin, naringenin, eriodictiol), flavanolok (quercetin, kampferol), flavonok (apigenin, luteolin), izoflavonok (genistein, daidzein), egyéb antioxidánsok (alfa-liponsav, BHT, BHA, stb). Közülük néhányat a növényi eredetű élelmiszerek nagy mennyiségben tartalmaznak (zöldségek, gyümölcsök), ezért rendszeres fogyasztásuk nagyban hozzájárul a szervezet prooxidáns/antioxidáns egyensúlyának fenntartásához. Az ételekben megtalálható antioxidánsok fontos forrásai a szőlő, bogyós gyümölcsök, dió, napraforgó, cseresznye, meggy, vöröskáposzta, zab, kukorica, cékla, fokhagyma (BOGDÁN és mtsai. 1992; PASSWATER, 1999; MILLER és mtsai. 2000; MILLER és mtsai. 2002).

2.9.3. Speciális szemszínű kukoricafajták jelentősége, tanulmányozása az élelmiszerminőség szempontjából

A kék kukorica történetével, agrobotanikájával, termesztéstechnológiájával részletesen foglalkozik KOVÁCS (2000), aki DICKERSONT (1998) idézi, miszerint a kék kukorica kék színanyagát az indiánok már évszázadok óta hasznosították textilfestésre. A kék kukorica rasszainak száma ma még ismeretlen (JOHNSON és JHA, 1993) és botanikailag nem különbözik a többi kukoricafajtától. Jelen tanulmányban együtt szerepeltetjük a kék és lila szemszínű kukoricafajtákról szóló tudományos megállapításokat, hiszen a szakirodalmak is gyakran együtt szerepeltetik vizsgálataikban. A perui Morado kukoricafajtának a szemszíne a legmélyebb bíbor árnyalatot adja, amelyet nem lehet megtalálni egyetlen más növényben sem (JONES, 2005). A bíbor szemszínű kukorica sejtvédő antioxidánsokat tartalmaz, melyek a patkányban indukált tumorok ellen bizonyultak hatásosnak. Több növény rendelkezik ilyen tulajdonsággal, de csak kevesek fejtenek ki potenciális gyulladásgátló hatást is (JONES, 2005). A kék kukorica beltartalmi értékei sok esetben meghaladják a hagyományos, ma általánosan termesztett sárga szemszínű kukoricákét (DICKERSON, 2003; BÓDI és PEPÓ 2006; BÓDI és mtsai. 2006 a, b). Kedvező beltartalmi paraméterei és színe illetve íze mind hozzájárul a változatosabb, egészségesebb táplálkozás megteremtéséhez. A pigmentáció a perikarpiumban, az aleuronban és a keményítőes endospermiumban fordulhat elő, azonban a kék szín jellemzően az aleuron rétegben található. Néha a pigmentáció olyan intenzív, hogy a szemek feketének látszanak (BETRÁN és mtsai. 2003). Ezzel ellentétesen az antocián pigmentek legnagyobb koncentrációját a kukoricában a perikarpiumban találták, míg ellenben az aleuron réteg kisebb koncentrációt tartalmazott (MORENO és mtsai. 2005). A kék kukoricából készült ételek ízletesebbek, mint a fehér kukoricából készültek (RONNEY és SERNA-SALDIVAR, 2003). A kék kukorica tápértéke kedvezőbb, mint a sárga vagy fehér kukoricáé, mert a magban a csíra részaránya magasabb az endospermiumhoz képest. A kék kukorica magas flavonoid tartalma antioxidáns szerepet tölt be a belőle készült élelmiszerekben (DICKERSON, 2003).

Bíbor szemszínű kukoricákat (maiz morado) már hosszú ideje használnak az emberek a perui Andokban ételként és italként, de népszerűsége csak manapság alakult ki a fejlett országokban. A szemből kapott erjesztett alkoholos italt chicha morada-nak nevezik (BRACK-EGG, 1999).

Az antioxidánsok különböző típusai ismeretesek a gabonaszemekben (COLLINS, 1986). A kék, lila és vörös szemszínű kukoricák gazdag antioxidáns és bioaktív tulajdonságokkal rendelkeznek (ADOM és LIU, 2002; TSUDA és mtsai. 2003; FIMOIGNARI és mtsai. 2004; MATSUMOTO és mtsai. 2004; DEL POZO-INSFRAN és mtsai. 2006).

DEL POZO-INSFRAN és mtsai. (2006) egy fehér és két különböző kék szemszínű kukorica antioxidáns tartalmát határozta meg. A vizsgálatot mind az egész szemben, mind ezek feldolgozott termékeikben (nixtamal, tortillas, chips) is elvégezték. A legmagasabb antioxidáns kapacitást a Mexican blue corn-nál kapták $29 \mu\text{mol Trolox egyenérték/g}$ értékkel, ezt követte az American blue ($25,6 \mu\text{mol Trolox egyenérték/g}$) és a fehér szemszínű genotípus ($17,3 \mu\text{mol Trolox egyenérték/g}$). A szemtermékek antioxidáns aktivitása nagyságrenddel meghaladta a feldolgozott termékek értékeit. Szintén feldolgozott kukorica (kukoricapehely) antioxidáns aktivitását vizsgálta MILLER és mtsai. (2000) több más reggelire fogyasztott ételek, zöldségek, gyümölcsök mellett. A vizsgált zöldségeknél, gyümölcsöknél is magasabb átlagos antioxidáns aktivitást mértek ($\approx 1700 \mu\text{mol Trolox egyenérték/100 g}$). MILLER és mtsai. (2002) összefoglaló táblázatukban – melyben különféle zöldségek, gyümölcsök és gabonából készült ételek szerepeltek – a kukoricából készült pelyhek antioxidáns aktivitását $2,0 \mu\text{mol Trolox egyenérték/100 g}$ -nak állapították meg.

ADOM és LIU (2002) a sárga szemszínű kukorica, a búza, a zab és a rizs antioxidáns aktivitását vizsgálták több más tényező mellett. Tanulmányuk alapján a legnagyobb össz antioxidáns aktivitással a kukorica rendelkezett ($181,42 \pm 0,83 \mu\text{mol C-vitamin egyenérték/g-ban}$), ezt követte a búza ($76,70 \pm 1,38 \mu\text{mol C-vitamin egyenérték/g-ban}$) majd a zab és a rizs ($55,77 \pm 1,62 \mu\text{mol C-vitamin egyenérték/g-ban}$). Vizsgálatok folynak a kukorica bibeszálaknak, mint gyógyszeralapanyagoknak (*Maydis stigma*) az antioxidáns aktivitás meghatározására is (MAKSIMOVIČ és mtsai. 2005).

A kukoricánál főként az aleuron rétegben és a csírában több vitamin is megtalálható, legfontosabbak az A- és E-vitamin valamint egyes B-vitaminok (GYŐRI és GYŐRINÉ MILE, 2002). A különböző beltenyészett kukorica vonalaknak E-vitamin szintje változó nagyságú. Az E-vitamin két predomináns izomerje közül (α -tokoferol és a γ -tokoferol) az α -tokoferol biológiai aktivitása nagyobb az állati és humán felhasználást tekintve. Célszerű lenne, ezen E-vitamin komponens szintjét MAS (marker assisted selection) és transzgénikus technológiát is felhasználva növelni a kukoricaszemekben (ROCHEFORD és mtsai. 2002). Az A-vitamin provitaminjaként

ismert karotinoidok közül a β -karotin a legismertebb, mely a kettős kötésének felbontásával semlegesíti a szabad gyököket a sejtek zsíros közegében (PASSWATER, 1999).

2.9.4. Az antioxidáns aktivitás vizsgálatok hazai eredményei eltérő növényeknél

Hazai kutatások már megkezdődtek paprikánál, hagymánál és meggyénél (VERESS és FÁRI 2004; VERESS és mtsai. 2005, 2006) és a különféle zöldség és gyümölcsféléseknél (LUGASI és HÓVÁRI, 2000; LUGASI és TAKÁCS, 2002) az antioxidáns kapacitásuk megállapítására. Néhány gyógynövény antioxidáns aktivitását és a FRAP (Ferric Reducing Ability of Plasma) vizsgálati módszer adaptációját mutatja be SZÖLLŐSI és VARGA SZÖLLŐSI (2002) publikációja. Gabonafélékben, búzában, tritikáléban és rozs szemtermésében vizsgálták az E-vitamin és Se mennyiségét és összetételét (BÓNA és mtsai. 2006). Széles genetikai variabilitást állapítottak meg az egyes genotípusok között és megállapításaik szerint nemesítéssel javíthatóak a vizsgált tulajdonságok. GÁBOR és mtsai. (2006) antioxidáns aktivitást vizsgáltak három búzafajtában a redukáló kapacitás alapján. Véleményük szerint a redukáló kapacitáson alapuló mérési eljárás gyors és jól használható a különböző fajták biológiai jellemzőinek megállapítására. Az általuk bevezetett redukáló kapacitás (RC) értékét, a különböző mértékű és minőségű trágyázás nem befolyásolta. Az alkalmazott genotípus és az évjárat hatása azonban jelentős befolyásoló tényező lehet. Magas olajtartalmú és piros endospermiumú kukorica hibridek nemesítését és előállítását tárgyalja részletesen RADY (2005, 2006). Az előállított hibridek magas olajtartalmúknál fogva gazdag forrásai az E vitaminnak és színyanyagaik révén karotinban gazdagok.

A szakirodalmi áttekintés alapján megállapítható, a kukoricanevelés részterületeit komplex módon kell kezelni a nevelési alapanyagok felkutatásától, létrehozásától egy új hibrid előállításáig. A feno- és genotípusos szinten végzett vizsgálatok együttes alkalmazása megteremtheti a feltételét a környezetkímélő, hatékony és fenntartható kukoricatermesztés alapjául szolgáló új nevelési alapanyagok és hibridek előállításához.

Összefoglalva megállapítható, hogy a genetikai variabilitás növelése, újabb nevelési alapanyagok előállítása a jövőben is feladata lesz a növénynevelésnek. Egzakt hibridnevelési programokat viszont, csak jól ismert genetikai háttérrel rendelkező gene pool-ok kialakításával valósíthatók meg. A genetikai háttér megismerése, a vonalak közötti genetikai polimorfizmus feltárására nem elegendő morfológiai- és fehérjeszintű vizsgálatok. Szükséges DNS-szintű polimorfizmus detektálása is a vonalak közötti genetikai távolság meghatározásához. A különböző szakirodalmi források egyaránt a DNS-szintű vizsgálatok jövőbeni elterjedését vetítik elő mind az alapkutatásoknál, mind a hibrid elismertetés, fajtaoltalom, szabadalmaztatás területén egyaránt. A genetikai polimorfizmus vizsgálatok eredményei, a vonalak genetikai háttérének pontos ismeretei hozzájárulhatnak a tesztkeresztezés számának csökkentéséhez, idő-, költségkímélősség tehetik a hibridfejlesztő programokat.

A keresztezési irányok szakirodalmi meglehetősen szűkös és kevésbé foglalkozik széleskörű morfológiai jellemzők vizsgálatával, habár ez mind a nevelésben, mind a vetőmag-előállításban aktuális téma marad. DUVICK (1997) kutatásai ráirányították a figyelmet arra, hogy az elmúlt ötven évben a heterózis hatás nagysága a hibridekben a szülői átlaghoz képest alig változott. Így a nevelők elsősorban a morfo-fiziológiai jellemzők optimalizálásával igyekeznek a termésátlagokat maximalizálni. Ilyen morfo-fiziológiai jellemző a címer is, alkotórészeinek, jellemzőinek vizsgálata az utóbbi években széleskörű kutatásokat indított el, mivel mind a növényben zajló energia átalakulásra (fotoszintézisre ható tényező), mind a vetőmag-előállításban (reprodukáló képesség = pollen szóródás, mennyiség) nagy jelentősége van. Új vizsgálati módszerként a hazánkban eddig nem alkalmazott címerterület index adaptálását láttuk célszerűnek a címerrel kapcsolatos szakirodalmakban leírtak igazolására, a növény más mennyiségi jellemzőivel való kapcsolatának számszerűsítésére.

A nagy jövő előtt álló funkcionális élelmiszerek létrehozása, vizsgálata szintén az elmúlt évtized „terméke” a szintetikusból a természetes eredetű élelmiszerekbe való „menekülés” a világ számos pontján intenzív kutatásokat indított el. Egyre szélesebb

körű vizsgálatoknak (fenoltartalom, antocián tartalom, antioxidáns aktivitás) vetik alá a különböző gabonanövényeket azért, hogy megfeleljenek-e a funkcionális élelmiszer követelményeinek. Ebben a témában, a gabonanövények közül csak a búzánál indult el szélesebb körű hazai kutatás, így indokolt a kukoricánál is megvizsgálni ezen kritériumokat a jövőben. Nagy tartalékaink vannak ebben a témakörben, hisz széles, különböző genetikai hátterű tájfajták, vonalak, hibridek állnak a rendelkezésünkre. Korszerű laboratóriumi eszközök és metodikák által a szakirodalmakból nyert információkat, vizsgálati módszereket azonnal át tudjuk ültetni a gyakorlati módszertanok közé. Ezáltal esetlegesen a kukorica alternatív felhasználási lehetőségeit, felhasználási körét is bővíthetjük, a termelői kiszolgáltatottság csökkentése és a piaci viszonyok kedvezőbb megteremtése mellett a jövőben.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A nemesítési alapanyag

A szántóföldi kísérletek beállítására a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaságtudományi Kar Kertészettudományi és Növényi Biotechnológiai Tanszékének kísérleti terén került sor 2004 és 2006 között. A nemesítési alapanyag létrehozásának leírását az alábbi publikációk tartalmazzák: MARÁZ és mtsai. 1993; PEPÓ és TÓTH, 2004; TÓTH és BÓDI, 2006). Az 5 és 15 Gy gyors neutronnal besugárzott F₁ kukorica hibridekből 8-10 évi beltenyésztéssel és szelekcióval mutáns kukoricavonalakat hoztunk létre (1. táblázat).

1. táblázat A vizsgált beltenyésztett vonalak eredete

Vonal	Eredet	Besugárzás típusa	Dózis [Gy]
UDL1	F ₁ *(NK-PX14)M ₂ **	Gyors neutron	15
UDL4	F ₁ *(Pi3978SC)M ₃ **	Gyors neutron	5
UDL5	F ₁ *(Pi3764MTC)M ₃ **	Gyors neutron	5
UDL6	F ₁ *(Pi3478)M ₂ **	Gyors neutron	5

*: a keresztezés utáni első nemzedék

**:n-edik mutációs nemzedék

A szelekció fő szempontja a vonalak morfológiai egyöntetősége, a megfelelő kiegyenlített növénymagasság, a levélszám valamint a címervirágzat bő pollentermelő képessége volt.

3.2. A kísérlet tér talajának jellemzése

A kísérleti hely talajtípusa kilúgozott csernozjom, a feltalaj meszet nem tartalmaz. Az altalajvíz 7-9 méter mélységben helyezkedik el. A humuszréteg vastagsága szerint közepes humuszrétegű kategóriába esik (50-70 cm). A talaj szervesanyag tartalma 2,57 %. A talajvizsgálat eredményeit a 2. táblázat szemlélteti.

2.táblázat A kísérleti tér talajának jellemző adatai

pH		CaCO ₃	Y ₁	Y ₂	AL oldható		Humusz %	Arany f. K. sz.
H ₂ O	KCL				P ₂ O ₅ mg/kg	K ₂ O mg/kg		
7,0	6,5	Ny.	5,0	8,0	100	165	2,57	42

A talaj felső szintje a mészhiányból eredően, száraz aszályos évjáratokban cserepesedésre hajlamos.

3.3. A kísérleti évek időjárásának jellemzői

Az időjárási adatokat a DE ATC MTK Növénytudományi Intézete szolgáltatta mindhárom vizsgált évben (2004-2006). 2004-ben a kukorica tenyészidejében 76,9 mm-rel hullott több csapadék a 30 éves átlaghoz képest (3. táblázat). A lehullott csapadék eloszlása viszont kedvezőtlenül alakult, április hónapban 0,8 mm-rel, míg májusban 38,5 mm volt a különbség a sokévi átlaghoz viszonyítva. Ez a kukorica kezdeti fejlődésére kedvezőtlenül hatott. Júniustól augusztusig terjedő időszakban bőséges csapadék hullott, kiemelkedő volt a júliusi hónap, amikor több, mint 89 mm-rel volt magasabb az átlagcsapadék a sokévi átlaghoz képest. Kedvező volt a tenyészidőben a csapadék eloszlása is, melynek következtében a kukorica kritikus fenofázisaiban (virágzás, szemtelítődés) nem voltak zavarok észlelhetők.

A havi középhőmérséklet (1. melléklet) azonos tendenciát mutatott a 30 éves átlaggal a kukorica tenyészidőszakában, jelentős eltérés nem volt. A kukorica tenyészidejében (IV-IX. hónap) a hőmérséklet átlaga (17,05 °C) 0,23 °C-al haladta meg a 30 éves átlagot (16,82 °C), ami a kedvező csapadékelátottsággal párosulva kiváló alapot nyújtott a kukoricatermesztés számára. A napsütéses órák száma kevéssel 17,5 óra) meghaladta a sokéves átlagot (1. melléklet).

A 2005-ös év tenyészidejének csapadéka az előző évhez hasonlóan 150,4 mm-rel volt több, mint a viszonyítási alap (30 éves átlag). A tenyészidőszak kedvező talajnedvességgel indult, hiszen áprilisban 96 mm csapadék hullott, ugyanakkor a keléskori optimális hőmérséklet (május) a csírázást gyorsá és egyenletessé tette. A

következő hónapokban a június hónap kivételével szintén a 30 éves átlagot meghaladó csapadék hullott le. Augusztusban a 30 éves átlagot 74,4 mm-rel meghaladó csapadékmennyiség kedvezően hatott a szentelítődésre. A kukorica tenyészidejében (IV-IX.) a hőmérséklet átlaga 17,12 °C volt, amely 0,3 °C-al több a 30 éves átlagtól (*I. melléklet*). A napsütéses órák száma elmaradt a 30 éves átlagtól (116,5 órával), kedvezőtlen volt a tenyészidőszak végén észlelhető gyakori borult idő (*I. melléklet*). 2006-ban a tenyészidőszak kezdő hónapjai megfelelő, a 30 éves átlagot meghaladó csapadékmennyiség hullott. A júliusi hónapban viszont csaknem felével hullott kevesebb csapadék, mint a sokévi átlag. Ez valamint a 30 éves átlagot csaknem 2 °C-kal meghaladó átlaghőmérséklet kedvezőtlenül érintette a virágzást és terméskötést. A napfénytartam a tenyészidőszakban elmaradt a sokéves átlagtól, értéke júliusban kiugróan magas volt (357,3 óra).

Összeségében elmondható, hogy a kísérleti évek (2004, 2005, 2006) időjárása a kukoricatermesztés számára kedvezően alakultak. Az előző években (2000-2003) halmozottan jelentkező aszályos időjárásához képest nagyobb mennyiségű csapadék hullott, mely elősegítette a kukorica egyenletes fejlődését és növekedését.

3. táblázat A kísérleti évek csapadékmennyiségének alakulása (2004-2006)

Hónap	30 éves átlag	Ténylegesen lehullott csapadék (mm)		
		2004	2005	2006
I.	37	46,7	5,0	26,5
II.	30,2	49,6	40,5	67,7
III.	33,5	58,3	12,0	65,0
IV.	42,4	41,6	96	92,5
V.	58,8	20,3	59,2	66,7
VI.	79,5	93,4	52	71,6
VII.	67,5	154,8	89,5	34,9
VIII.	60,7	74,8	135,1	75,7
IX.	38	37,1	65,5	6,0
X.	30,8	43,8	6,9	26,3
XI.	45,2	67,3	24,7	9,0
XII.	43,5	25,0	54,4	11
Összesen:	567,1	712,7	640,8	552,9
Eltérés a 30 éves átlagtól:		145,6	73,7	-14,2
Tenyészidő IV-IX. hónap	346,9	422	497,3	347,4
Eltérés:		75,1	150,4	0,5

3.4. A szántóföldi kísérletek beállításának körülményei

A szántóföldi kísérletek beállítására a DE ATC MTK Kertészettudományi és Növényi Biotechnológiai Tanszékének kísérleti terén került sor négy ismétléses véletlen blokk elrendezésben, 2004-2006 között. A parcellák hossza 5 m volt. Az alkalmazott sortávolság 70 cm, a tőtávolság pedig 20 cm volt, így parcellánként 50 db növény felvételezésére nyílt lehetőség. A teljes diallél rendszer növényi anyagát a 4 beltenyésztett vonal és ennek 12 F₁ hibrid vetőmagja képezte. Ezzel párhuzamosan elvetésre kerültek a DUS vizsgálatok standard vonalai és a FAO 200-500 csoportok standard F₁ hibridjei a vizsgálatok összehasonlítása, kontrollálása végett. A vonal- és hibrid előállítás standard módszerrel történt. A teljes diallél rendszer genotípusonkénti összetételét a 4. táblázat összegzi.

4. táblázat A teljes diallél rendszer genotípusonkénti összetétele

Szülői vonalak	UDL1	UDL4	UDL5	UDL6
UDL1	UDL1	UDH1	UDH2	UDH3
UDL4	UDH4	UDL4	UDH5	UDH6
UDL5	UDH7	UDH8	UDL5	UDH9
UDL6	UDH10	UDH11	UDH12	UDL6

3.5. Az alkalmazott főbb agrotechnikai eljárások

3.5.1. Talajművelés

Az őszi szántás minden évben november közepéig, 32 cm mélységben történt. A tavaszi elmunkálás illetve a magágykészítés kora tavaszi boronálással és vetés előtt kombinátorozással végeztük el.

A vetést kézi vetőpuskával végeztük dupla magszámmal. A tőszámbeállítást a növény 3-4 leveles állapotában hajtottuk végre. A kísérletek jobb és baloldalán 2-2 sor szegélyt helyeztünk el a szegélyhatás elkerülése végett.

3.5.2. Tápanyagellátás

A kísérletben N 100, P₂O₅ 90, K₂O 90 kg/ha (hatóanyag) műtrágyázást alkalmaztunk mindhárom vizsgálati évben a talajvizsgálat alapján. Így a hibridhatást a tápanyagellátástól függetlenül lehetett vizsgálni, értelmezni.

A P és K teljes adagját, illetve a N 30 %-át az őszi szántás előtt szórtuk és dolgoztuk a talajba, a fennmaradó N részt tavasszal a kombinátorozás előtt.

3.5.3. Növényvédelem, növényápolás

A vegyszeres gyomirtást Primextra 500 FW-vel (6 l/ha) végeztük. A vegyszeres gyomirtás mellett és kiegészítve minden évben kézi gazoló kapálás is történt a tenyészedőszak során különösen a beltenyésztett vonalak parcelláin. 2005-ben és 2006-ban, a 2004-es évben már megfigyelhető, de gazdasági kárt még nem okozó kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) ellen 20 kg/ha dózisban Counter 5G talajfertőtlenítő alkalmazására került sor a teljes területen.

3.5.4. Betakarítás

A betakarítás parcellánként külön-külön kezelve, kézzel történt. A feldolgozás a betakarítás napján történt. Meghatároztuk a parcellánkénti nedves szemtermést (kg). Betakarításkor mintát vettünk (12 db átlagos cső, ebből 6 db korongos feldolgozásra, 6 db egészben a termésképző paraméterek felvételezése céljából). A korongos mintafeldolgozás során a cső alsó részét és csúcsát kézi korongvágóval eltávolítottuk. A középső, közel hengeres részt 3-4 korongra vágtuk, majd anyagonként és ismétlésenként a teljes korongok (szem, csutka) nedves tömegét (g) megmértük.

A minták szárítását szárítószekrényben, 40 °C-on 2 napig majd 60 °C-on, tömegállandóságig végeztük. Ezután következett a korongok morzsolása és a száraz szemek, valamint a csutka tömegének (g) bemérése.

A termést 14,5 %-os májusi morzsolt termésre számoltuk át minden vizsgálati évben.

3.6. A fenotípusos tulajdonságok leírása a CPVO-TP2/2 irányelv szerint

A fenotípusos tulajdonságok (5. táblázat) felvételezése vonalanként és hibridenként 2x15 növényre terjedt ki a CPVO (Community Plant Variety Office /

5. táblázat A vizsgált tulajdonságok leírása (CPVO TP/2/2)

CPVO TP/2/2 száma	T u l a j d o n s á g
1.	Első levél: a levélhüvely antociános színeződése
2.	Első levél: a csúcs formája
3.	Levél: a levéllemez és a szár által bezárt szög (közvetlenül a legfelső jól fejlett cső felett)
4.	Levél: a levéllemez állása
5.	Szár: a hármatgyökerek antociános színeződése
6.	Címer: a hímvirágzás időpontja (a főtengety középő harmadában, a növények 50%-án)
7.	Címer: a kalászkapelyva alapjának antociános színeződése (a főtengety középő harmadában)
8.	Címer: a kalászkapelyva antociános színeződése az alap nélkül
9.	Címer: a portok antociános színeződése
10.	Címer: a főtengety kalászkáinak tömötsége
11.	Címer: a főtengety és az oldalágak közötti szög (a címer alsó harmadában vizsgálva)
12.	Címer: az oldalágak állása
13.	Címer: az elsőrendű elágazások száma
14.	Cső: a bibe megjelenésének időpontja (a növények 50%-án)
15.	Cső: a bibe antociános színeződése
17.	Levél: a levélhüvely antociános színeződése (a növény közepén)
18.	Címer: a legalsó oldalág feletti főtengety hossza
19.	Címer: a legfelső oldalág feletti főtengety hossza
21.1.	Növény: magassága a címerrel együtt
22.	Növény: a főcsőeredés magasságának viszonya a növénymagassághoz
24.	Cső: a csőkocsány hossza
25.	Cső: hossza (a csuhé nélkül)
26.	Cső: vastagsága (a középő részén)
27.	Cső: alakja
28.	Cső: a szemsorok száma
29.	Cső: szemtípus (a cső középő harmadában)
30.	Cső: a szemkorona színe
31.	Cső: a szem hátoldalának színe
32.	Cső: a csutka antociános színeződése
33.	Cső: a csutka antociános színeződésének intenzitása

Közösségi Fajtaoltalmi Hivatal) TP (Technical Protocol) /2/2 vizsgálati irányelv szerint. A kiértékelést a vizsgálati időszak minden évében elvégeztük (2004-2006).

A 5. táblázatban felsorolt tulajdonságokat a CPVO-TP2/2 vizsgálati irányelv szerinti időben és jelzéssel – kifejeződési fokozattal - láttuk el a kukorica tenyészideje folyamán illetve betakarításkor, a minták értékelésénél.

Ezen vizsgálat adatai képezték a későbbiekben a vonalak – morfológiai leírásra alapozott – polimorfizmus vizsgálatának alapját.

3.7. Tartalékfehérje vizsgálatok

A diallél rendszer négy szülői vonala került vizsgálatra. Az alkoholban oldódó fehérjéket szemenként vontuk ki a magokból és ultravékony poliakrilamid gélen választottuk el izoelektromos fókuszálással. A gélen található fehérjesávok mintázata jellemző az egyes beltenyésztett vonalra.

3.8. Az AFLP analízis kivitelezése

A vizsgálatokat a DE ATC MTK Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézet laboratóriumában Zubor Ákos predoktor segítségével végeztük. A négy szülői vonal képezte a vizsgálat növényi anyagát. A DNS nyeréshez 10-12 napos növények leveleit használtuk fel. A csíráztatást a magvak fertőtlenítése után steril körülmények között táptalajon (MS) végeztük.

DNS izolálás

A kukoricavonalak leveleiből a genomikus DNS izolálását a QIAGEN DNeasy Plant Mini Kit segítségével végeztük el. Az izoláláshoz folyékony nitrogénnel roncsoltuk a 10-12 napos csíranövények levélzetét. A DNS minőségét 0,8 % agaróz gélen történő futtatással ellenőriztük. A kivont DNS-t felhasználásig –20 °C-on tároltuk.

AFLP analízis

A kivont genomiális DNS-t 10 U *Eco*RI restrikciós enzimmel 1 órán keresztül 37 °C-on emésztettük, majd 1 U *Tru*II 67 °C-on inkubáltuk. Az így feldarabolt genomiális DNS darabjaihoz AFLP adaptereket illesztettünk. A ligálás a következők szerint történt: 10 µl kettősen emésztett DNS-hez 1-1 µl (100 pmol) *Eco*RI és *Tru*II adaptert, 2 µl

ligációs puffert, 1 µl T4 ligázt és 8 µl H₂O-t adtunk. Az elegyet 2 órán keresztül 20 °C-on inkubáltuk.

Az AFLP PCR reakcióelegy összetevői: 2 µl emésztett és ligált DNS templát, 1 µl (10 pmol) *EcoRI* (AAC szelektív bázis kiterjesztésű, NED lézerindukciós festékkel jelölt) primer, 1 µl (100 pmol) *MseI* (CAG, CAC, CAT szelektív bázis kiterjesztésű) primer, 12,5 µl PCR MasterMix, 8,5 µl H₂O.

A PCR ciklusok a következők szerint alakultak:

kezdeti denaturáció 94 °C 120 s,

minden ciklus elején 94 °C 30 s,

12 cikluson keresztül 65 °C 30 s, ciklusonként 0,7 °C-kal csökkenve,

további 23 cikluson keresztül 56 °C 30 s,

minden ciklus végén 72 °C 60 s,

utolsó ciklusnál 72 °C 120 s.

A PCR-rel felszaporított és szelektált DNS fragmentumok megjelenítése kapilláris elektroforézissel történt a Gödöllői Mezőgazdasági Biotechnológiai Központban.

3.9. Egyéb morfológiai – levélterület index (LAI), címer alkotórészek – vizsgálata

A levélfelület (LA) meghatározását Montgomery képlettel ANDA és TÓBIÁS (1999) útmutatása alapján végeztük el, majd a növényesűrűség szerint számítottuk a levélterület indexet (LAI). A levelek hosszúságát és szélességét négy ismételtsben, ismételtsenként 5-5 növényen mértük le. Az összehasonlítás vizsgálathoz a július végén mért (közvetlen a virágzás utáni) LAI értékeket használtuk fel.

$LA (m^2/db) = \text{levélhosszúság} \times \text{max. levélszélesség} \times 0,75,$

$LAI = LA (m^2/db) \times \text{növényesűrűség} (db/m^2).$

A címer alkotóelemek vizsgálatát a CPVO TP2/2 vizsgálati irányelv alapján, a címer terület index (TAI) kiszámítását FONSECA és mtsai. (2003) alapján a következő képlettel került meghatározásra:

$TAI = \pi \times \text{főcímerszár átmérő} (mm) \times \text{főcímerszár hossz} (cm) + \pi \times 0,5 \times \text{főcímerszár átmérő} (mm) \times \text{összes elágazás hossza} (cm).$

3.10. A heterózis hatás vizsgálata

Vizsgáltuk, hogy az egyes tulajdonságok az általunk létrehozott hibridkombinációkban ($\bar{F}_1$) mennyivel haladják meg a szülők átlagát ($\bar{P}$):

- a valódi heteróziát a $\bar{F}_1 - \bar{P}$ képlettel,
- a heterózis hatás mértékének nagyságát ($(\bar{F}_1 - \bar{P}) / \bar{P}$) a két szülő átlagához viszonyítva számítottuk ki.

3. 11. A hektolitertömeg és az ezerszemtömeg meghatározása

A hektolitertömeg és az ezerszemtömeg kiszámításához a terméseredmény meghatározása után a négy ismétlésben vettünk mintákat. A feldolgozást kézzel végeztük. A morzsolást és a tisztítást követően szárítószekrényben szárítottuk a mintákat 40 °C-ról fokozatosan 60 °C-ig emelve a hőmérsékletet tömegállandóságig. A hektolitertömeg megállapítását az FVM (2006a) leírása alapján végeztük. A ezerszemtömeget 3x200 szem méréséből és átszámításából kaptunk.

3.12. Eltérő szemszínű kukorica genotípusok FRAP módszerrel meghatározott vízzoldható antioxidáns aktivitásának vizsgálata

Növényi anyag

Sárga szemszínű kukorica: vizsgálataink alapját négy indukált (*UDL1*, 4, 5, 6) mutációval létrehozott beltenyésztett vonalból előállított tizenkét hibrid (*UDH1-UDH12* egyenes és reciprok keresztezés) képezte.

Kék és vörös szemszínű kukoricák: a növényi anyagot tizenkét kukoricafajta képezte. A növényi anyag eredetét és paramétereit a 6. táblázat tartalmazza. A kék és vörös szemszínű kukoricaminták organikus gazdálkodásnak megfelelő – műtrágya és növényvédőszer felhasználás nélküli - területről származnak (Hajdúböszörmény).

6. táblázat A vörös és kék szemszínű kukoricafajták és hibridek eredete és szemszíne

Genotípus	Szemszín
Rdeci*	Vörös
Rotmais*	Vörös
Japonica**	Vörös
Hopi Blue*	Kék
Blaumais*	Kék
Hopi Turquoise***	Kék
Alamo Navajo Blue***	Kék
Taos Pueblo Blue***	Kék
Santo Domingo Blue***	Kék
Black Mexican***	Kék
Santo Pueblo Black***	Kék
Purple Red Flour***	Kék

Eredet: *Austrian Agency for Health and Food Safety (AGES) Génbank, Linz, Ausztria

** Tápiószéle Agrobotanikai Intézet, Magyarország

***IPK Génbank, Gatersleben, Németország

Extrakciós eljárás

A vizsgálatok a Debreceni Egyetem Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézet laboratóriumában folytak. Minden egyes genotípus szemterméséből három párhuzamos minta került előkészítésre. A minta-előkészítés darálással (Retsch SM100, HAAN, Németország) kezdődött. A daráló rostamérete 1 mm volt. A minta-előkészítés folyamán minden egyes ledarált és rostált mintából 0,2 g került felhasználásra a kivonat elkészítéséhez. A 0,2 g mintához kémcsőben 0,1 n HCl oldatot öntöttünk (10 ml), majd 4 órán keresztül 90 °C hőmérsékletre vízfürdőbe helyeztük. Négy óra után a mintákat leszűrtük (Filtrak, Grade388, QTL100) és a szűrletet (kivonat) használtuk fel a méréshez.

A FRAP módszerrel meghatározott vízzoldható antioxidáns aktivitás mérése

Az antioxidáns tartalom mérésére a FRAP (Ferric Reducing Ability of Plasma) módszert (BENZIE és STRAIN, 1996) használtuk. A módszer a biológiailag vízzoldható vegyületek redukáló képességén alapszik és e mellett szabadgyökfogó képességéről is tájékoztatást ad. A mérés alapja: puffertolt savanyú (pH=3,6) közegben az antioxidánsok

a vas (III) ionokat vas (II)-vé redukálják, melyek a tripiridil-triazinnal (TPTZ) színes komplexet alkotnak. A keletkező színes vegyület koncentrációját, amely arányos az antioxidánsok koncentrációjával, fotométeren lehet mérni.

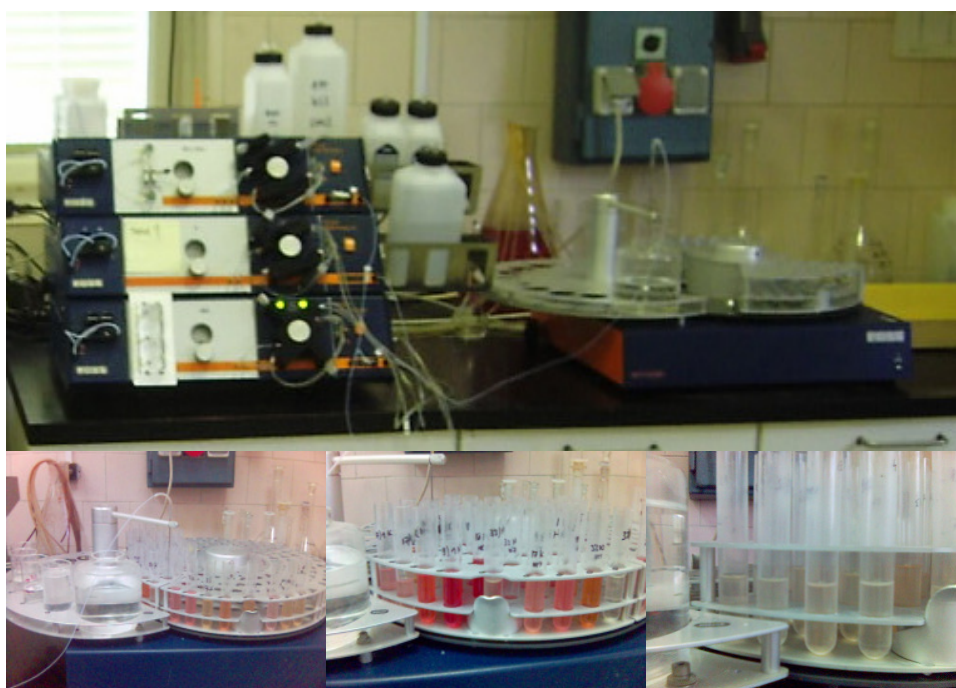
Az antioxidáns tartalom meghatározásához szükséges oldatok:

- acetát puffer: pH 3.6; 300 mM (3,1 g Na- acetát*3 H₂O + 16 ml ecetsav → 1 l-re felhígítva desztillált vízzel)
- 20 mM FeCl₃*6 H₂O → 54 mg + 10 ml desztillált víz
- triazin oldat (TPTZ) : 10mM, 40 mM HCl → 31,23 mg + 10 ml (DV) + 33,6 µl HCl

FRAP reagens összetétele: 25 ml acetát puffer, 2,5 ml FeCl₃- oldat, 2,5 ml TPTZ- oldat.

Az automatizált méréshez TECATOR FIASTAR 5000 készüléket használtunk (3. ábra). A mérési hullámhossz 590 nm volt, a referencia hullámhossz 750 nm. Reagens: FRAP reagens. Minta mennyiség: 40 µl. A kapott eredmények C-vitamin egyenértékben kifejezett vízzoldható antioxidáns tartalomban (mg/kg) lettek megadva szárazanyagtartalomra vonatkoztatva.

Az adatok egy- és kéttényezős varianciaanalízissel lettek feldolgozva SPSS 11.5 for Windows programcsomag felhasználásával.



3. ábra A TECATOR FIASTAR 5000 készülék és az analizált minták

3.13. Az eredmények értékelésének matematikai-statisztikai módszerei

Az morfológiai jellegek polimorfizmus vizsgálatához az SPSS 11.5 for Windows statisztikai programcsomag alapján kiszámítottuk a vonalak közötti négyzetes euklidészi távolságokat a törzsek páronkénti összehasonlításában. A molekuláris genetikai vizsgálatok eredményeinek feldolgozásához szintén az SPSS 11.5 for Windows programjának hierarchikus cluster-analízisét használtuk fel (RINCON és mtsai. 1996). Eszerint értékeltük a standardizált morfológiai adatokat, illetve a kapilláris gélelektroforézissel kapott mintázatokat. A mintázatokat binárisan kódoltuk (1=fragmentum jelenlét; 0=hiány). A Jaccard index (HAJÓSNÉ, 1999) alapján meghatároztuk a vonalak genetikai hasonlósági koefficiensét, illetve a genetikai távolságot. A terméseredményt egytényezős variancia-analízissel értékeltük ki.

Az általános (GCA) és specifikus (SCA) kombinálódó képesség meghatározásához előállított teljes diallél rendszert a GRIFFING 1-es módszere (1956) alapján működő DIALLEL Analysis and Simulation (BUROW és COORS, 1994) alkalmazásával értékeltük ki. A program a következő modellt használja az analízishez:

$$X_{ijk} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + r_{ij} + bk + e_{ijk}$$

ahol:

μ = populációs átlag (a változó főátlag értéke),

g_i = az i-edik szülő általános kombinálódó képesség hatása,

g_j = a j-edik szülő általános kombinálódó képesség hatása,

s_{ij} = az i-edik és j-edik szülő keresztezésének specifikus, kombinálódó képesség hatása,

r_{ij} = az i-edik j-edik szülővel kapcsolatos reciprok hatás,

bk = ismétlés (parcella) hatás,

e_{ijk} = hiba.

A program alkalmazásával végeztük el a termőképesség esetében az általános (GCA) és specifikus (SCA) kombinálódó képesség kiszámítását.

Az alkalmazott program segítségével elvégeztük a varianciaanalízist, az R^2 értékét kiszámítottuk. Az alkalmazott modell összehasonlította a szülők kombinálódó képességét az F-próbával, valamint kiszámította a kombinálódó-képesség hatásokat és az ezek közötti standard különbségeket.

A keresztezési irányok és a címer felépítő elemek statisztikai vizsgálatát egy- és kéttényezős variancianalízissel illetve Pearson-féle korrelációs együttható számítás alkalmazásával végeztük el (SVÁB, 1981).

4. EREDMÉNYEK

4.1. A vonalak általános jellemzői

UDL1 vonal leírása (4. és 5. ábra): 174,8 cm magas (2004-2006), közepes szárvastagságú. A levéllemez állása kissé görbe. Címer oldalelágazásainak száma nagyon kevés, a portok gyengén antociános, a bibe antociános elszíneződése nagyon gyenge. A csutka színeződése erős intenzitású. Szemtípusa féllófogú. A szem koronának színe sárga. Vetéstől a növirágzásig eltelt napok száma átlagosan a vizsgált években 78 nap.



4. ábra Az *UDL1* vonal hímvirágzaskor, a címervirágzata és a szemtípusa



5. ábra Az *UDL1* vonal csótermése

UDL4 vonal leírása (6. és 7. ábra): 163,9 cm magas (2004-2006). Közepesnél gyengébb szárvastagságú, kissé fattyasodó típusú. A levéllemez állása kissé görbe. A címer oldalelágazásainak száma kevés. A portok antociános elszíneződése közepes, a bibéjének antociános elszíneződése gyenge. A levélhüvely antociános elszíneződése gyenge. A csutka színeződése jelen van, közepes intenzitású. Szemtípusa féllófogú, a szemkorona színe sárga. Vetéstől a nővirágzásig eltelt napok száma átlagosan a vizsgált években 79 nap.



6. ábra Az *UDL 4* vonal hímvirágzáskor, a címervirágzata és a szemtípusa



7. ábra Az *UDL4* vonal csőtermése

UDL5 vonal leírása (8. és 9. ábra): 176,8 cm magas (2004-2006). Közepes szárvastagságú. A levéllemez állása kissé görbe. A címer oldalelágazásainak száma kevés, az oldalágak állása közepes. A portok antociános elszíneződése gyenge, bibe antociános elszíneződése nagyon gyenge. A csutka színe fehér. Szemtípusa lófogú, a szemkorona színe sárgásnarancs. Vetéstől a nővirágzásig eltelt napok száma átlagosan a vizsgált években 76 nap.



8. ábra Az *UDL5* vonal hímvirágzáskor, a címervirágzata és a szemtípusa



9. ábra Az *UDL5* vonal csőtermése

UDL6 vonal leírása (10. és 11. ábra): 160,5 cm magas (2004-2006). Közepes-erős szárvastagságú. A levéllemez állása erősen görbe. A címer oldalelágazásainak száma kevés. A címernél a főtengele és az oldalágak közötti szög nagyon kicsi, az oldalágak állása egyenes. A portok antociános elszíneződése gyenge, bibe antociános elszíneződése nagyon gyenge. A csutka színe fehér. Szemtípusa simaszeműhöz hasonló, a szemkorona színe sárgásnarancs. Vetéstől a nővirágzásig eltelt napok száma átlagosan a vizsgált években 80 nap.



10. ábra Az *UDL6* vonal hímvirágzáskor, a címervirágzata és a szemtípusa



11. ábra Az *UDL6* vonal csőtermése

4.2. A polimorfizmus vizsgálatok eredményei

4.2.1. A DUS vizsgálatokhoz szükséges morfológiai tulajdonságok elemzése

A vizsgált vonalak között jelentős különbségek voltak a morfológiai tulajdonságok tekintetében (2. melléklet). Ez jó alapot szolgáltatott a genetikai polimorfizmus és a többi vizsgált – morfológiai tulajdonságokra alapozott (keresztezési irányok, címeralkotó elemek) – tényező kutatásához.

A növényeket különböző fejlődési fázisukban kell vizsgálni a CPVO TP2/2 irányelv alapján. A fejlettségi stádiumokat ZADOKS és mtsai. (1974) dolgozták ki. A vizsgálati irányelv szerint a DUS vizsgálat első pontjában a kukoricanövények első levélhüvelyének antociános színeződését kell vizsgálni. A vizsgált vonalak csíranövényként 2-4 leveles állapotban az *UDL1* vonal erős, míg a többi vonal nagyon erős fokozatot kapott. Ugyanezen fejlődési stádiumban az első levelek csúcs formáját tekintve az *UDL1* lekerekített, az *UDL5* lekerekítettől a tompáig a további két vonal pedig hegyestől a lekerekítettig kategóriába tartozott.

A hármas és négyes kóddal jelzett tulajdonságok fontos morfo-fiziológiai tényezőként játszanak szerepet a fotoszintézis és az energia-átalakulási folyamatában. A levélállás és a felső csőeredés feletti levéllemez és a szár által bezárt szög tekintetében az *UDL1* és az *UDL4* vonal tekintetben nagyon kedvező, alacsony szöget mértünk illetve kissé görbe levélállást.

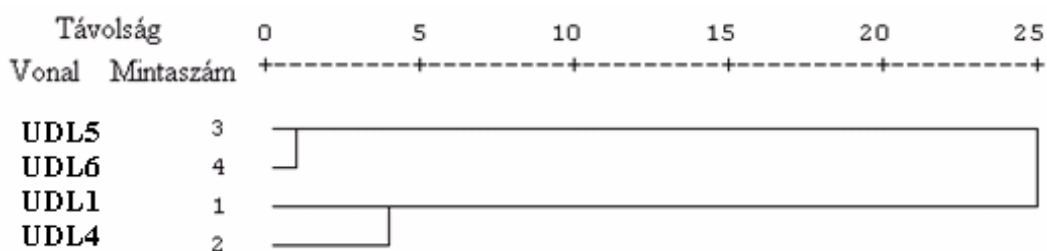
A címeralkotó elemek DUS vizsgálatára a hím és nővirágzás közepén (65 kóddal jelzett fejlődési stádiumban) került elvégzésre (kivéve ez alól a főtengelely kalászkáinak tömörségét a virágzás befejeztével szükséges a vizsgálati irányelv alapján felvételezni). A kalászpelyva alapjának antociános színeződése az *UDL5* vonal kivételével minden esetben erős, 7 kifejeződési kódot kapott. A kalászpelyva antociános színeződése az alap nélkül az *UDL1*, *UDL5* és az *UDL6* vonal esetében hiányzik vagy nagyon gyenge, míg az *UDL4* vonal esetében gyenge kifejeződési kódot kapott. A portok antociános színeződése minden vonal esetében hiányzik vagy nagyon gyenge kódot kapott, kivéve az *UDL4* vonalat, mely közepes kifejeződési kódú értéket észleltünk. A főtengelely kalászkáinak tömörség vizsgálatánál az *UDL1* vonal esetében laza, míg a többi vizsgált vonalnál közepes tömörséget állapítottunk meg. A címer alsó harmadában vizsgálva a főtengelely és az oldalágak közötti szöget az *UDL1* vonalnál kicsi, míg a többi vizsgált vonalnál közepes kifejeződési kódot kaptunk. Az elsődleges primer elágazások állásánál az *UDL1* és az *UDL6*-os vonalnál egyenes, az *UDL4*-es esetében kissé görbe

és az *UDL5* tekintetében görbe kódot figyeltünk meg. Az elsőrendű elágazások tekintetében a címernél az *UDL1* vonalnál nagyon kevés, míg a többi vizsgált vonal esetében kevés kifejeződési kódot kaptunk. A főtengely alsó és felső oldalelágazástól mért hosszánál egyaránt az *UDL1* vonal esetében rövid, míg a többi vonalnál közepes kódot észleltünk. A címeralkotó elemek vizsgálatánál az eltérő mennyiségi jellemzők (elágazások száma, hossza) jó alapot szolgáltatottak a vonalak keresztezéseiből származó hibridek ugyanezen tényezőinek a megfigyeléséhez.

Ugyanezen okokból kiemelkedő fontosságú volt a szabatos morfológiai leírásból nyert információkon kívül a cső bizonyos tulajdonságainak (pl. szemtípus) a vizsgálata. A csőkocsány hosszát lágy viaszérés fejlődési stádiumban vizsgáltuk, minden vonalnál közepes kódot kaptunk, kivéve az *UDL4* vonalat (nagyon rövid kóddal). A csutka tulajdonságain kívül a cső többi sajátosságait érés állapotában (a kariopszis kemény) felvételeztük. A csuhé nélküli cső hossz minden vonal tekintetében közepes volt. A cső vastagsága az *UDL4* vonalnál vékony, a többinél közepes volt. A cső alakja a kúpos-hengerestől (*UDL1*, *UDL4*, *UDL6*) a hengeresig terjedt (*UDL5*). A cső szemtípusa (a cső középső harmadában felvételezve) az *UDL1* és *UDL4* vonalnál féllófogú, az *UDL5* –ös esetében lófogú, míg az *UDL6* vonalnál simaszeműhöz hasonló kifejeződési kódot észleltünk. A szemkoronának a színe az *UDL1* és *UDL4* vonalnál sárga, az *UDL5* és az *UDL6*-os vonalnál sárgásnarancs volt.

A csutka antociános színeződését és színeződésének intenzitását 93 decimális kóddal jelzett érés fejlődési stádiumban „a kariopszis nappal meglazul” vizsgáltuk. A cső antociános színeződése jelen van az *UDL1* és *UDL4* vonalnál, míg az *UDL5* és az *UDL6*-os vonalnál hiányzik. Így e két utóbbi vonal esetében az antociános színeződés intenzitása nagyon gyenge kóddal került felvételezésre, míg az *UDL1* vonalnál erős és az *UDL4*-es vonalnál közepes kifejeződési kódot kaptunk (2. melléklet).

Az CPVO TP/2/2 vizsgálati irányelv alapján 30 vizsgált tulajdonság felvételeztünk és a cluster analízis segítségével az 12. ábrán látható dendrogramot kaptuk, amelyet a beltenyésztett vonalak közötti hasonlóság alapján két csoportra különítettünk el. Az UDL5 és UDL6 vonal esetében szoros kapcsolatot állapítottunk meg, míg a másik csoport tagjai (UDL1 és UDL4 vonalak) között feltehetően kisebb a rokonság, mert nagyobb távolságban kapcsolódtak össze a dendrogramon.



12. ábra A négy beltenyésztett vonal harminc morfológiai tulajdonságai alapján végzett cluster analízis dendrogramja

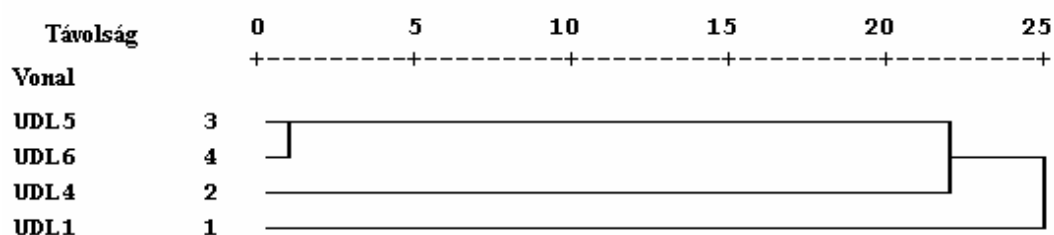
A morfológiai felvételezések adatainak statisztikai vizsgálatát is elvégeztük, melynek eredményei összhangban állnak számos szakirodalmi megállapítással. A négy vonal felvételezett tulajdonságai között $P=0,1$ %-os szinten szignifikáns különbségek mutatkoztak. A szakirodalmi adatokkal egyetértésben (SMITH és SMITH, 1989 a, b), (GOODMAN és PATERNIANI, 1969) megállapítható volt néhány tulajdonság (pl. csutka antociános színeződése, szemtípus, szemsorszám), melyekre az évjárat nem volt szignifikáns hatással.

4.2.2. A zein vizsgálatok eredménye

A kapott gél szkennelt képét használtuk az értékeléshez (3. melléklet). Minden vonalból két-két szem zein analízisét végeztük el. A gélen jól megkülönböztethetőek a vizsgált vonalak. A mintázaton 15 sávot lehetett egyértelműen elkülöníteni egymástól, ebből csak 1 volt monomorf. A mintázatot a sávok jelenléte vagy hiánya alapján binárisan kódoltuk. Majd az így kapott adatokat Jaccard indexen alapuló cluster analízissel értékeltük és megállapítottuk a vonalak közti hasonlóság mértékét, illetve az ebből levezethető genetikai távolságot (6. táblázat).

6. táblázat A négy beltenyésztett kukorica vonal zein mintázatának Jaccard indexszel meghatározott hasonlósági koefficiensei

Vonal	Jaccard index			
	UDL1	UDL4	UDL5	UDL6
UDL1	1,000			
UDL4	0,300	1,000		
UDL5	0,234	0,364	1,000	
UDL6	0,214	0,333	0,900	1,000



13. ábra A négy beltenyésztett vonal zein mintázata alapján végzett cluster analízisének dendrogramja

A zein cluster analízis eredményei alapján kapott dendrogramon (13. ábra) szintén két rokonsági kört lehet kialakítani. Az elsőbe az *UDL5*, *UDL6* és az *UDL4* tartozik, a második csoportba pedig az *UDL1* vonal sorolható. A kapott sávszámok megfelelnek a szakirodalomban leírtakkal (HAJOSNÉ, 1999; DE FREITAS, 2005).

4.2.3. A genetikai hasonlóság és távolság becslése AFLP analízis alapján

Az AFLP analízist 3 primerrel végeztük. Mindhárom primer adott megbízható, ismételt reakciókban reprodukálható PCR-fragmentum mintázatot. A három AFLP primer kombináció összesen 208 amplifikált fragmentumot hozott létre, ebből 70 polimorf. (7. táblázat). A további statisztikai értékelést ezen adatok alapján végeztük.

7. táblázat A négy beltenyésztett kukorica vonal AFLP analízisének eredményei primer páronként

Primer kombinációk	A detektált sávok száma összesen	A polimorf sávok száma (db)	A polimorf sávok aránya (%)
M48-E32*	128	44	34,3
M49-E32*	38	7	20,6
M50-E32*	42	19	45,2
Átlag	69	23	33,3

*= Keygene^R nomenklatura szerint kódolva

8. táblázat A négy beltenyésztett kukorica vonal AFLP mintázatának Jaccard index alapján képzett hasonlósági koefficiensei

Vonal	Jaccard index			
	UDL1	UDL4	UDL5	UDL6
UDL1	1,000			
UDL4	0,430	1,000		
UDL5	0,455	0,648	1,000	
UDL6	0,385	0,676	0,740	1,000

A vizsgált négy kukoricavonal között a legnagyobb hasonlóságot (74 %) az *UDL5* és az *UDL6* vonalak, a legkisebbet az *UDL6* és az *UDL1* (38,5 %) vonalak mutatták (8. táblázat).

A Jaccard indexből számított és képzett genetikai távolság esetében (9. táblázat) az *UDL6* és az *UDL1* vonalak mutatták (0,78-as értékkel) a legtávolabbi rokonságot. A

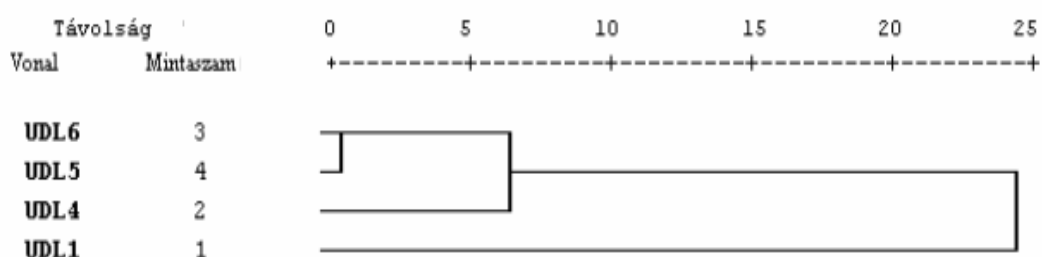
9. táblázatban lévő 0,51 érték pedig arra utal, hogy az UDL 5 illetve az UDL 6 vonalak féltestvérek.

9. táblázat A négy beltenyésztett kukorica vonal AFLP mintázatának Jaccard index alapján képzett hasonlósági együtthatóból levezetett genetikai távolság

Vonal	Távolság			
	UDL1	UDL4	UDL5	UDL6
UDL1	1,000			
UDL4	0,750	1,000		
UDL5	0,740	0,590	1,000	
UDL6	0,780	0,570	0,510	1,000

Az AFLP cluster analízis dendrogramján jól látható hogy, a négy beltenyésztett vonal esetében 2 rokonsági csoportot tudunk kialakítani. Az első csoportba az *UDL1* vonal, a második csoportba az *UDL4*, az *UDL5* és az *UDL6* vonalak tartoznak. Az említett vonalak közötti közeli rokonságot a 9. táblázat adatai is megerősítik.

Míg a morfológiai tulajdonságok dendrogramja az *UDL5* és az *UDL6*, illetve az *UDL1* és az *UDL4* vonalak között mutatott szoros rokonsági kapcsolatot, addig az AFLP technikával két rokonsági kört (I. *UDL1*; II. *UDL4*, *UDL5*, *UDL6*) lehetett kialakítani (13. ábra). Ez az ellentmondás valószínűleg abból adódik, hogy a három primer párral végzett AFLP analízis eredmények alapján nem lehet teljes biztonsággal a rokonságot megállapítani.



13. ábra A négy beltenyésztett vonal AFLP mintázata alapján végzett cluster analízis dendrogramja

Összehasonlítva az előzőekben ismertetett morfológiai és DNS vizsgálatok által kapott értékeket, jól látható, hogy tartalékfehérje vizsgálat megerősíti az AFLP analízis alapján levont következtetéseket.

A négy beltenyésztett vonal rokonsági körökbe való besorolása és a genetikai távolságok ismeretében az *UDL1* és az *UDL6* egymásközi keresztezésnél lehet a legmagasabb heterózis hatással számolni, míg a legalacsonyabbal az *UDL 5* és az *UDL6* vonalak keresztezései nyújtják.

4.3. Az általános (GCA) és specifikus (SCA) kombinálódó képesség vizsgálatok eredményei a termőképesség tekintetében

A kísérletek eredményei alapján egy jó általános kombinálódó képességgel (GCA) rendelkező vonal került kiválasztásra (*UDL1*), mely hibridjeiben, mindhárom évben (2004, 2005, 2006) a vizsgált tulajdonság (termőképesség, t/ha) esetében javító hatásúnak bizonyult. Az *UDL1* vonal GCA értékei 2004-ben 1,32; 2005-ben 0,73 és 2006-ban 2,03 volt (10. táblázat). Az *UDL6* vonal általános kombinálódó képessége alacsony, de még megfelelő. Az *UDL4*-es és az *UDL5*-ös vonalak alacsony GCA értékei mindhárom évben igazoltak. Ezek a vonalak keresztezéseiben rontó hatásúnak bizonyultak.

A legjobb specifikus kombinálódó képességi (SCA) értéket mindhárom évben, a vizsgált tulajdonság tekintetében az *UDL1* x *UDL6* (*UDH3*) (3,05, 2,90, 2,86 értékekkel) hibridkombináció érte el. A kiválasztott legjobb kombinálódó képességű vonal a jövőben keresztezési programok növényi alapanyagát képezheti.

10. táblázat A teljes diallél rendszer általános (GCA) és a specifikus (SCA) kombinálódó képesség hatásai a termésképeség[t/ha] esetében (Debrecen; 2004, 2005, 2006)

Szülői vonalak	Specifikus kombinálódó képesség											
	UDL1			UDL4			UDL5			UDL6		
	2004	2005	2006	2004	2005	2006	2004	2005	2006	2004	2005	2006
UDL1	-7,03	-6,90	-6,07	1,61	1,49	1,37	2,37	2,50	1,83	3,05	2,90	2,86
UDL4	2,76	0,56	-0,29	-2,10	-3,69	-2,12	-1,38	1,08	0,23	1,87	1,12	0,52
UDL5	0,05	-0,78	-0,70	0,04	-0,69	-0,67	-1,66	-4,28	-1,53	0,67	0,70	-0,53
UDL6	0,77	2,74	0,61	-0,52	0,20	-0,62	1,67	-0,01	-0,70	-5,60	-4,73	-2,84
GCA*	1,32	0,73	2,03	-0,65	-0,16	-0,84	-1,59	-0,21	-0,56	0,92	-0,36	-0,63

*SzD 5%= 0,58 (2004); 0,99 (2005); 0,50 (2006)

Ha a vizsgált vonal nagy általános kombinálódó képessége nagy és a specifikus kombinálódó képesség varianciája kicsi, azaz a vizsgált beltenyésztett vonal közel azonos mértékben adja át jellegét a vele létrehozott kombinációknak, a beltenyésztett vonalat sikerrel lehet felhasználni hibridkombinációk előállítására és az ilyen típusú vonalak alkalmazhatóak leginkább tesztkeresztezésekben (LAZÁNYI, 1983).

Hibridizációs programokban, ahol a heterózis hatásban rejlő lehetőségek maximális kihasználása a cél, jó lehetőséget nyújtanak a diallél keresztezések (LAZÁNYI, 1983). Ezen megállapítás alapján végzett munkánk során is eredményesnek ítéltető a teljes diallél keresztezés használata, hiszen nemcsak a egyenes, hanem a reciprok hatás is hozzájárul a nemesítési alapanyagról kapott információk mind tökéletesebb megismeréséhez.

A kiinduló, besugárzott hibridek szülői összetételét – a besugárzott vetőmagot forgalmazó vállalatok információjának hiányában - nem tudtuk megállapítani. Feltételezhető azonban, hogy - szakirodalmi adatok is alátámasztják – mivel heterozigóta egyedekből történt a kiindulás és transzgresszív mutáns egyedek kerültek kisselektálásra, a kombinálódó képességi értékei is megváltozhattak a kiindulási anyaghoz képest. Igazolható TÓTH (2002) megállapítása, miszerint a neutron besugárzás hatékonysága a genetikai variabilitás növelésében hatékonynak eszköznek tekinthető.

Eredményeink alapján megállapíthatjuk, hogy a vonalak közötti polimorfizmus vizsgálatában az általunk fenotípus-, fehérje- és DNS- szinten alkalmazott módszerek integrációja jól kiegészíti egymást. Mindhárom módszerrel sikerült polimorfizmust kimutatnunk a négy beltenyészett vonal esetében. A vizsgálataink alapján rokonsági körökbe lehet besorolni ezen vonalakat. A rokonsági körök, genetikai távolságok ismeretében az *UDL1* vonal egyenes és reciprok keresztezései mutattak jelentős hibridfőlényt.

A növény-fehérje-DNS vizsgálatokat összesítése nyomán kapott eredmények kimutatják az egymástól genetikailag legtávolabbra eső vonalakat (*UDL1* és az *UDL6*). Ezen vonalak voltak a legjobb általános kombinálódó képességűek is a vizsgált négy vonal közül. Ez ellentmond korábbi megfigyeléseknek, ahol hasonló megállapítást nem tudtak tenni (AJMONE-MARSAN és mtsai. 1998).

4.4. A genotípus és az évjárat hatása a termőképességre

A hibridek három éves (2004-2006) terméseredményének statisztikai vizsgálatakor a kéttényezős varianciaanalízis alapján szignifikáns különbséget találtunk mindhárom tényező vonatkozásában (11. táblázat). A termőképesség MQ értékeit és az F-érték szignifikancia szintjeit tüntettük fel. A vizsgált tulajdonságoknál a kezelések fő hatásai és a kölcsönhatások szignifikánsak voltak $P=0,1$ %-os szinten. Az MQ értékek alapján megállapítottuk, hogy a hibridek termőképességére a genotípus hatása volt a legnagyobb, ezt követte az évjárat befolyása.

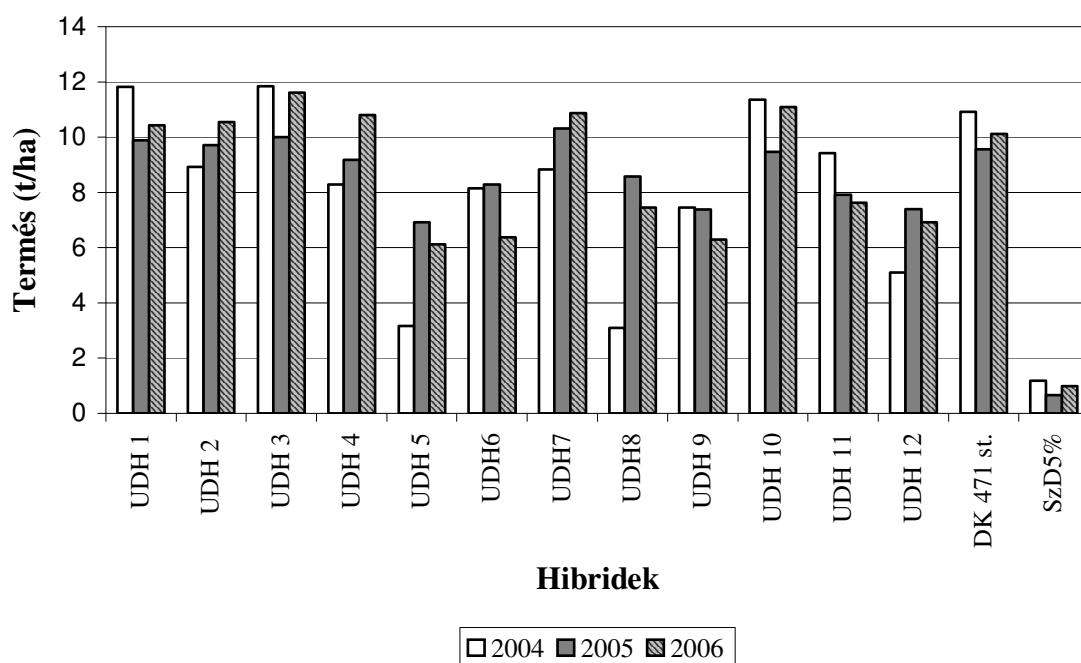
11. táblázat A genotípus és az évjárat hatása a hibridek termőképességére

Tényezők	Sz.fok	MQ
Genotípus	12	42625642,99***
Évjárat	2	15454394,35***
Genotípus $\times$ Évjárat	24	7795937,40***
Hiba	78	2254276,50

Szignifikanciaszint: *** $P=0,1$ %

Mindhárom vizsgált év szélsőségektől mentes időjárás paraméterekkel, a kukoricatermesztés számára kedvező és a közepesnél jobb évjáratral jellemezhető. A kapott terméseredmények a hibrideknél kiegyenlített értékeket mutattak. Az értekezés keretében nem szándékoztunk új, állami elismerésre bocsájtható hibrideket előállítani. A diallél rendszer hibridtagjainak terméseredményei a vonalak kombinálódóképességi értékeinek, valamint a komplex módon vizsgált genetikai polimorfizmus vizsgálatnak kiegészítéseként kerültek értékelésre. A legmagasabb terméseredményt a diallél rendszer hibridjei közül az *UDH3* és az *UDH10* érte el a három év átlagában (14. ábra). Ezen hibridek az előző fejezetben ismertetett, genetikailag egymástól legtávolabbra eső vonalak (*UDL1* és az *UDL6*) egyenes és reciprok keresztezései. A keresztezési kombinációk (hibridek) nemesítési értékének szélesebb fokú megismeréséhez standard hibridhez való összehasonlítást végeztünk. A hibridek tenyészideje a középérésű éréscsoportba sorolható. Standardként a *DK471* hibridet alkalmaztuk. A *DK471* termőképessége szignifikánsan meghaladta a három év átlagában több, egyenként gyenge kombinálódó képességgel rendelkező szülői vonal keresztezési kombinációját (*UDH5*, 6, 8, 9, 11, 12) (4. melléklet). A vizsgált évek átlagában a standard hibrid

termőképességét öt hibrid érte el vagy haladta meg kismértékben (nem szignifikánsan) (*UDH1*, *UDH2*, *UDH3*, *UDH7* és az *UDH10*) (4. melléklet).



14. ábra A vizsgált hibridek termőképessége (Debrecen, 2004-2006)

Megvizsgáltuk a hibridek terméseredményét a termés szintjén jelentkező valódi heterózis (t/ha) és a heterózis mértékének tükrében is mind a három évben (12. táblázat). 2004-ben a valódi heterózis 0,84 és 10,18 t/ha között változott a vizsgált hibrideknél. A legmagasabb értéket az *UDH3* hibrid esetében mutattuk ki, a heterózis mértéke is ennél volt a legmagasabb. A heterózis mértéke több, mint 382 %-kal múlta felül a szülői vonalak átlagát.

A valódi heterózis értéke 2005-ben 3,6 és 7,78 t/ha között változott. Ebben az évben három kiemelkedő hibrid volt a heterózis mértékének szempontjából (*UDH3*, *UDH7*, *UDH10*).

Az előző években leírt tendencia 2006-ban is folytatódott. A két legnagyobb termőképességű hibrid (*UDH3*, *UDH10*) 2006-ban is a legmagasabb heterózis hatással bírt. A valódi heterózis 3,37 és 8,69 t/ha között változott a vizsgált hibridek esetében. A heterózis mértéke az *UDH3* hibridnél csaknem 300 % volt.

A vizsgált hibridek minden esetben felülmúlták a szülői vonalak termésátlagát a vizsgált három évben. Ez többek között igazolja a szülői komponensek széles fokú genetikai diverzitását.

**12. táblázat A valódi heterózis és a heterózis mértéke a vizsgált évek
terméseredményei alapján**

Tulajdonság	Hibridek	A valódi heterózis (t/ha)	A heterózis mértéke (%)
Terméseredmény 2004 (t/ha)	UDH1	9,05	328,9
	UDH2	6,73	307,0
	UDH3	10,18	382,5
	UDH4	3,52	128,0
	UDH5	0,92	41,1
	UDH6	5,44	200,8
	UDH7	6,63	302,3
	UDH8	0,84	37,5
	UDH9	5,29	246,5
	UDH10	8,69	326,8
	UDH11	6,72	248,0
	UDH12	2,94	137,1
Terméseredmény 2005 (t/ha)	UDH1	6,77	218,3
	UDH2	7,17	282,7
	UDH3	7,73	341,3
	UDH4	6,07	195,5
	UDH5	3,60	109,2
	UDH6	5,24	173,2
	UDH7	7,78	306,6
	UDH8	5,27	159,8
	UDH9	4,91	199,5
	UDH10	7,19	317,3
	UDH11	4,88	161,3
	UDH12	4,94	200,8
Terméseredmény 2006 (t/ha)	UDH1	7,38	243,0
	UDH2	7,44	239,5
	UDH3	8,69	299,6
	UDH4	7,76	255,2
	UDH5	2,91	90,9
	UDH6	3,37	112,4
	UDH7	7,76	250,0
	UDH8	4,24	132,6
	UDH9	3,23	105,6
	UDH10	8,18	282,0
	UDH11	4,62	154,0
	UDH12	3,85	125,7

4.5. A keresztezési irányok vizsgálata néhány morfológiai jellemző alapján

A keresztezési kombinációk vizsgálatát a morfológiai tulajdonságok alapján mind a három vizsgálati évben elvégeztük. Az MQ értékek minden egyes vizsgált jellemzőnél a legnagyobb hatást a genotípus esetében jelezték, ezt követte az évjárat hatása (13. táblázat). A varianciaanalízis szerint a genotípus minden vizsgált tulajdonságra a szárátmérő kivételével 1 %-os szinten szignifikáns hatással volt. Ez az érték 5 %-os szinten volt szignifikáns a szárátmérőnél. Az évjárat tekintetében a szárátmérő kivételével minden jellegnél 1 %-os szinten volt szignifikáns az MQ érték.

A genotípus $\times$ évjárat interakció esetében a következőket állapítottuk meg: a növénymagasság, a csőeredési magasság és az elsődleges elágazások száma 0,1 % szinten szignifikáns volt. Ez ellentmond RUSSEL (1976) megállapításainak, aki nem talált szignifikanciát a genotípus $\times$ évjárat interakcióban a növény magasság és csőeredési magasság tekintetében.

A genotípus $\times$ évjárat kölcsönhatás sem a szárátmérő sem a levelek számánál nem volt szignifikáns hatású.

13. táblázat A növénymagasság, a csőeredési magasság, a szárátmérő és a levél szám varianciaanalízisének eredménytáblázata

Tényező	Sz.fok	Növény magasság	Csőeredési magasság	Szárátmérő	Levelek száma
		MQ			
Genotípus	11	4696,66**	1157,94**	13,00*	3,78**
Évjárat	2	4762,31**	629,19**	14,90 ^{NS}	13,83**
Genotípus $\times$ Évjárat	22	403,02**	141,69**	3,02 ^{NS}	0,75 ^{NS}
Hiba	72	58,33	36,99	3,96	0,47

Szignifikanciaszintek: **P=1 %, *P=5 %, ^{NS}=nem szignifikáns

A vizsgált hibridek tulajdonságait a három év átlagában hasonlítottuk össze. Kiszámítottuk az egyenes és reciprok keresztezések közötti különbségeket varianciaanalízissel. A hibridek között a vizsgált morfológiai jellemzőkben jelentős különbségek mutatkoztak (14. táblázat).

A növénymagasságra a vizsgált tényezők közül a genotípus volt a legnagyobb hatással. A hibridek növénymagassága a három vizsgált év átlagában 194,3 cm (UDH12) és 252,7 (UDH3) között változott. A legmagasabb hibridek a három év átlagában az UDH3 (252,7 cm) és az UDH2 (250,8 cm) hibridek voltak, ezen hibridek csőeredés magassága volt a legnagyobb a vizsgált hibridek átlagában (90,4 és 88,4 cm). Mindkét hibrid anyai szülő komponensei (UDL1 és UDL5), a legmagasabbak voltak a vizsgálatba vont vonalak tekintetében (3. melléklet). A legnagyobb növénymagasságot és csőeredési magasságot elért UDH3 hibrid szülői vonalainak (UDL1 és UDL6) genetikai távolsága volt a legnagyobb.

**14. táblázat A vizsgált genotípusok morfológiai jellegzetességei
(Debrecen, 2004-2006)**

<i>Hibridek</i>	<i>Növény- magasság (cm)</i>	<i>A heterózis mértéke (%)</i>	<i>Csőeredési magasság (cm)</i>	<i>A heterózis mértéke (%)</i>
UDH1	238,3 ^{NS}	+40,7	80,2 ^{NS}	+36,7
UDH4	241,7 ^{NS}	+42,7	77,7 ^{NS}	+30,5
UDH2	250,8 ^{NS}	+42,6	88,4 ^{NS}	+48,2
UDH7	243,5 ^{NS}	+38,6	83,7 ^{NS}	+40,4
UDH3	252,7 ^{NS}	+50,7	90,4 ^{NS}	+55,4
UDH10	248,7 ^{NS}	+42,4	88,4 ^{NS}	+48,9
UDH5	208,8*	+20,2	57,2 ^{NS}	+8,7
UDH8	214,1*	+25,6	62,4 ^{NS}	+18,7
UDH6	202,8 ^{NS}	+25,1	59,6*	+16,2
UDH11	198,7 ^{NS}	+22,5	67,1*	+30,7
UDH9	207,1*	+22,8	72,1*	+38,3
UDH12	202,2*	+19,2	65,2*	+29,7

Szignifikanciaszintek: *P=5%, ^{NS}=nem szignifikáns

A vonalak közül a legnagyobb levélszáma az *UDL1* és az *UDL6* vonalnak volt (3. melléklet). Az *UDL1* vonal egyenes keresztezéseiben voltak a legnagyobb levélszámmal jellemezhető hibridek (*UDH2* és az *UDH7*).

**15. táblázat A vizsgált genotípusok morfológiai jellegzetességei
(Debrecen, 2004-2006)**

<i>Hibridek</i>	<i>Szárátmérő (mm)</i>	<i>A heterózis mértéke (%)</i>	<i>Levélszám</i>	<i>A heterózis mértéke (%)</i>
UDH1	22,2 ^{NS}	+15,2	12,2 ^{NS}	+10,7
UDH4	21,6 ^{NS}	+17,9	12,4 ^{NS}	+11,8
UDH2	21,4 ^{NS}	+17,0	13,4 ^{NS}	+22,7
UDH7	20,6 ^{NS}	+12,2	13,3 ^{NS}	+21,5
UDH3	23,1*	+33,1	12,4 ^{NS}	+12,2
UDH10	21,4*	+23,3	13,1 ^{NS}	+16,0
UDH5	21,0 ^{NS}	+16,4	11,3 ^{NS}	+6,4
UDH8	20,9 ^{NS}	+16,1	11,7 ^{NS}	+10,5
UDH6	19,9 ^{NS}	+17,0	11,9 ^{NS}	+8,7
UDH11	19,6 ^{NS}	+15,1	12,1 ^{NS}	+10,8
UDH9	20,6*	+28,0	12,0 ^{NS}	+11,2
UDH12	18,5*	+15,4	12,1 ^{NS}	+11,3

Szignifikanciaszintek: *P=5%, ^{NS}=nem szignifikáns

A három éves vizsgálat alapján megállapíthatjuk, hogy statisztikailag igazolható különbségeket az egyenes és reciprok keresztezések között kevés esetben találtunk (15. táblázat).

Szignifikáns eltéréseket a növénymagasság és a csőeredési magasság tekintetében észleltünk az egyenes és reciprok keresztezések között.

Eredményeink összhangban vannak HEGYI (2003) megállapításaival, miszerint a szignifikáns különbségek az egyenes és reciprok hibridek között szakmai szempontból nem bírnak jelentőséggel. Az eltérések alatta maradnak a CPVO TP2/2 vizsgálati irányelvben rögzített, a két hibrid megkülönböztethetőségéhez szükséges határértéknél. Kis mértékű, statisztikailag nem igazolható változás volt megfigyelhető a szárátmérő és a levélszámok között az egyenes és reciprok keresztezések összehasonlításában.

Vizsgáltuk az egyenes és reciprok keresztezések tulajdonságainak heterózis mértékét is. A növénymagasságnál az egyenes keresztezések átlagosan 32,9 %, míg a reciprok keresztezések 31,8 %-kal múlták felül a szülői kombinációk átlagát. A csőeredési magasság tekintetében az egyenes (33,9 %) és a reciprok (33,1 %) keresztezéseknél kis mértékű különbség volt megfigyelhető. A szárátmérő tekintetében 16,4 és 14,1 %-os hibridfölényt észleltünk. Míg a legkisebb hibridvigort a levélszám (10,1 % és 11,7 %) esetében tapasztaltuk.

4.6. A hektolitertömeg és az ezerszemtömeg változása a genotípusok függvényében

A vizsgált diallél rendszer hibridjeiből hat-hat hibridnek eltérő szemtípusa volt. Az *UDH1*, 2, 3, 4, 7, 10-es hibrideknek lófogú (dent), míg az *UDH5*, 6, 8, 9, 11, 12-es hibrideknek féllófogú (semident) szemtípusa volt. Így mód nyílt arra, hogy a vizsgált hibridekből évjárat illetve szemtípus szerint is meghatározzuk az ezerszemtömeget és a hektolitertömeget. Különösen fontos ez napjainkban, – 2006. évi intervenciós minőségi követelményváltozás - hiszen a hektolitertömeg mérésének, vizsgálatának irodalma meglehetősen csekély számú hazánkban.

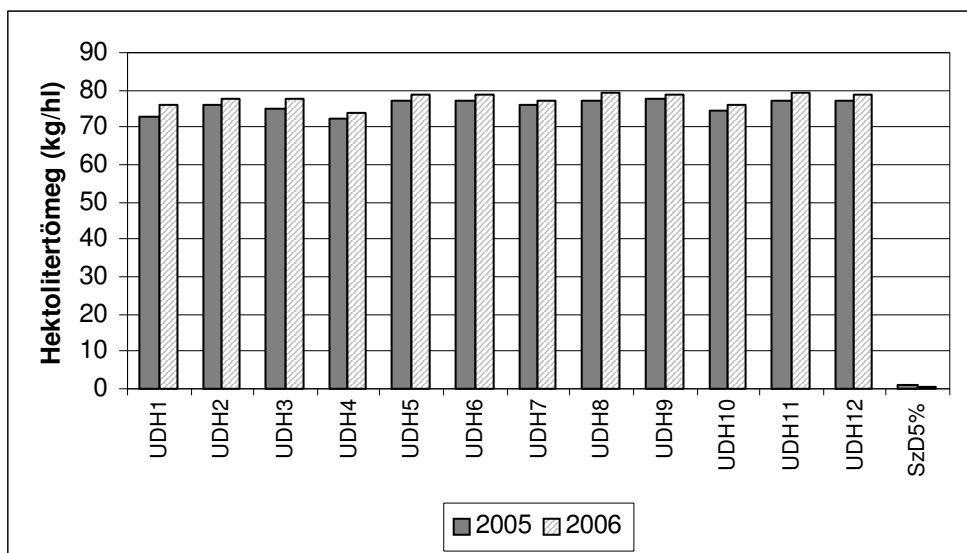
Az elvégzett varianciaanalízis szerint a vizsgált tényezők közül az ezerszemtömegre a genotípusnak, míg a hektolitertömegre az évjáratnak volt a legnagyobb hatása magas megbízhatósági szint mellett (16. táblázat). A genotípus $\times$ évjárat egyik vizsgált tulajdonság esetében sem volt szignifikáns hatással.

16. táblázat A hektolitertömeg és az ezerszemtömeg varianciaanalízise

Tényezők	Sz. fok	Hektolitertömeg	Ezerszemtömeg
		MQ	
Genotípus	11	16,495***	3211,146***
Évjárat	1	65,933***	3200,133*
Genotípus $\times$ Évjárat	11	0,633 ^{NS}	801,292 ^{NS}
Hiba	48	0,615	533,239

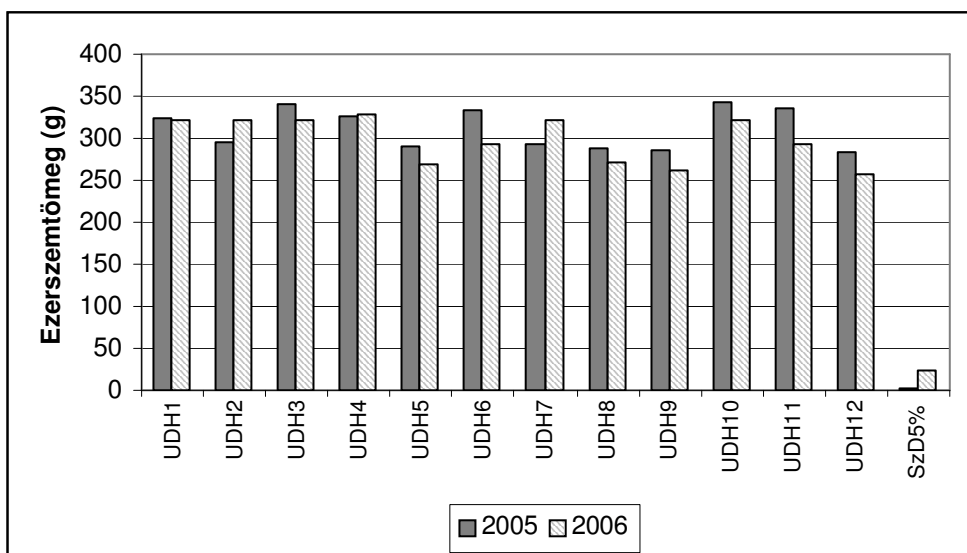
Szignifikancia szintek: ***P=0,1%, *P=5%, ^{NS}=nem szignifikáns

Jelentős különbségek mutatkoztak a vizsgált genotípusok (*UDH1-12*) között az ezerszemtömeg alakulásában. A legnagyobb ezerszemtömeget a 2005-ben az *UDH3* és az *UDH10* hibridek esetén kaptuk (15. ábra). 2006-ban sorrendben az *UDH4*-es, az *UDH3*-as az *UDH1*-es és az *UDH10*-es hibridnek volt a legnagyobb az ezerszemtömege. A legalacsonyabb ezerszemtömeget mindkét évben az *UDH9* és reciprokánál, az *UDH12* hibridnél mértük.



15. ábra Évjárat hatása a hibridek hektolitertömegének (kg/hl) alakulására

2005-ben és 2006-ban a legmagasabb hektolitertömeget az *UDH9*-es keresztezési kombinációnál és reciprokánál az *UDH12*-es hibridnél mértük (16. ábra). 2005-ben és 2006-ban az *UDH1* hibridnél és reciprokánál az *UDH4*-nél mértük a legalacsonyabb hektolitertömeget (72,2-76,2 kg/hl).



16. ábra Évjárat hatása hibridek ezerszemtömegének (g) alakulására

Eredményeink alapján a lófogú szemtípusú hibrideknél kaptuk a vizsgált években a nagyobb ezerszemtömeget a féllófogúhoz képest (17. táblázat). A hektolitertömeg tekintetében fordított a helyzet, a féllófogú (semident) szemtípusú hibridek hektolitertömege 2005-ben és 2006-ban is meghaladta a lófogú típusú hibridek átlagértékeit több, mint 2 kg/hl-val.

17. táblázat Az eltérő szemtípusú kukorica hibridek ezerszemtömege (g) és hektolitertömege (kg/hl) 2005-ben és 2006-ban

<i>Szemtípus</i>	<i>Év</i>	<i>Ezerszemtömeg</i>	<i>Hektolitertömeg</i>
Lófogú	2005	320,6 ⁺	74,3*
	2006	322,5*	76,5*
Féllófogú	2005	302,8 ⁺	77,2*
	2006	274,3*	78,8*

Szignifikancia szintek: *P=5 %, ⁺P=10 %

Megvizsgáltuk az egyenes és reciprok keresztezésű hibridpárokat az ezerszemtömeg és a hektolitertömeg értékek tekintetében (18. táblázat). Statisztikailag megbízható eltéréseket csak az *UDH1* kombinációnál és reciprokánál az *UDH4* hibridnél tapasztaltunk 2006-ban. Vizsgálatunk alapján a többi hibridpárnál egyik évben sem tudtunk megbízható eltérést kimutatni a vizsgált tulajdonságok szempontjából. A Pearson-féle korrelációs együttható a két vizsgált tulajdonság között -0,46** volt.

18. táblázat Az egyenes és reciprok hibrid párok ezerszemtömegének (g) és hektolitertömegének (kg/hl) összehasonlítása 2005-ben és 2006-ban

<i>Tulajdonság</i>	<i>Év</i>	<i>UDH1,4</i>	<i>UDH2,7</i>	<i>UDH3,10</i>	<i>UDH5,8</i>	<i>UDH6,11</i>	<i>UDH9,12</i>
1000 szemtömeg (g)	2005	2,1 ^{NS}	3,3 ^{NS}	1,6 ^{NS}	1,9 ^{NS}	1,8 ^{NS}	1,7 ^{NS}
	2006	8,3*	2,0 ^{NS}	1,0 ^{NS}	3,6 ^{NS}	0,6 ^{NS}	3,3 ^{NS}
Hektolitertömeg (kg/hl)	2005	0,5 ^{NS}	0,1 ^{NS}	0,1 ^{NS}	0,1 ^{NS}	0,1 ^{NS}	0,2 ^{NS}
	2006	2,0*	0,4 ^{NS}	1,3*	0,6 ^{NS}	0,3 ^{NS}	0,4 ^{NS}

Szignifikancia szintek: *P=5%, ^{NS}=nem szignifikáns

4.7. A kukorica címeralkotó elemeinek vizsgálata

4.7.1. A vonalak és hibridek virágzásbiológiai tulajdonságainak és címeralkotó elemeinek értékelése

A vizsgálatok a CPVO TP2/2 vizsgálati irányelv alapján kerültek elvégzésre (19. és 20. táblázat). Az egyes vonalakat és hibrideket jellemző értékek az irányelv útmutatásai alapján azonos kategóriákba estek a vizsgált években, ez a vonalak és hibridjeik nagyfokú stabilitását mutatja. A címerágak számában az egyes hibridek között a morfológiai leírás alapján nincs különbség (1-es kód = 0-3 elágazás, 3-as kód = 3-10 elágazás). A hibridkukorica vetőmag előállítás számára több információt rejt a főcímerszár (a táblázatban főtengely) tömörségének kódja.

19. táblázat A vizsgált vonalak és hibridek virágzásbiológiai tulajdonságainak és címeralkotó elemeinek leírása (CPVO TP2/2) (Debrecen, 2005-2006)

Hibridek és vonalak	A vetéstől számított:		A címer tulajdonságai	
	Hímvirágzás (50 %) (nap)	Nővirágzás (50 %) (nap)	A főtengely tömörsége	A főtengely és az oldalelágazás közti szög
UDH1	77	78	5	5
UDH2	76	77	5	5
UDH3	78	79	5	5
UDH4	78	79	5	5
UDH5	81	82	5	5
UDH6	80	81	5	3
UDH7	75	76	5	3
UDH8	76	77	5	5
UDH9	77	78	5	3
UDH10	77	77	5	3
UDH11	76	77	5	3
UDH12	76	77	5	3
UDL1	77	78	3	3
UDL4	78	79	5	5
UDL5	75	76	5	5
UDL6	78	80	5	3

Az előző fejezetekben tárgyalt kiemelkedő termésmennyiséget elérő *UDH3* és az *UDH10* hibridek szülői komponensei az *UDL1* és az *UDL6* vonalak voltak. Az

elsőrendű elágazások számában, illetve a főcímerszár (főtengely) tömörségében az *UDL1* vonal a legkisebb kifejeződési fokozat kódot kapta. Célszerű vetőmag-előállításnál anyai komponensként felhasználni, mivel pollentermelő képességét nagymértékben befolyásolhatja az elsőrendű elágazások hiánya vagy alacsony számú jelenléte, illetve a főcímerszáron található kalászkák nem kellő mennyisége és elhelyezkedése (kalászkáinak tömörsége: laza). Ezen megállapításunk megegyezik VIDAL-MARTÍNEZ és mtsai. (2004) vizsgálatával, miszerint a pollen termelés előrejelzését az elágazások számával és a főcímerszár tömörségét jelző kalászkák mennyiségével lehet alapvetően megadni. A másik szülői komponens, az *UDL6* vonal rendelkezik a legtöbb címerág számmal és a főcímerszára is a többi vizsgált vonallal megegyezően a közepesen tömött kategóriába esik.

20. táblázat A vizsgált vonalak és hibridek címeralkotó elemeinek leírása (CPVO TP2/2) (Debrecen, 2005-2006)

Hibridek és vonalak	Címer tulajdonságai			
	Az elsőrendű elágazások állása (kód)	Az elsőrendű oldalelágazások száma (kód)	A főszár hossza az alsó elágazástól számítva (cm)	A főszár hossza a felső elágazástól számítva (cm)
UDH1	1	3	36,9	28,6
UDH2	3	3	37,4	29,8
UDH3	3	3	37,2	28,8
UDH4	1	3	35,6	27,1
UDH5	1	3	35,6	26,4
UDH	1	3	35,6	27,4
UDH7	1	3	36,7	28,8
UDH8	1	3	34,7	29,2
UDH9	3	3	36,8	29,0
UDH10	1	3	38,4	29,1
UDH11	1	3	36,9	27,1
UDH12	3	3	36,3	28,8
UDL1	1	1	23,4	19,7
UDL4	3	3	28,3	20,3
UDL5	5	3	34,0	26,4
UDL6	1	3	33,8	25,7

4.7.2. A címerágak számának és a címerszár hosszának értékelése

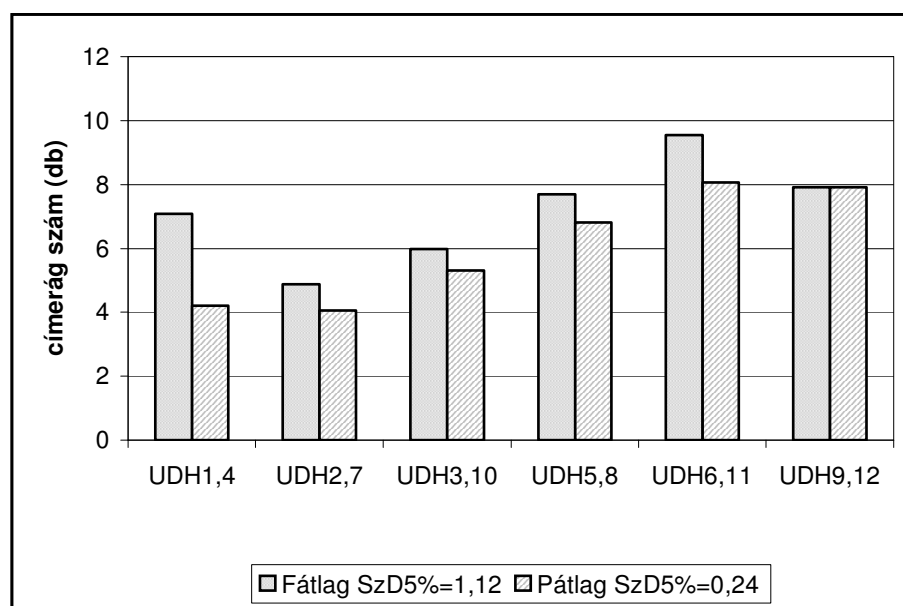
Az általunk vizsgált címeralkotó elemek mennyiségi változása közül figyelemreméltó az elsődleges címerágak száma (a továbbiakban címerág száma) és a címer alsó és felső elágazástól számított hossza.

A hibridek szülői vonalainak címerág számában jelentős különbségek voltak. A legkevesebb címerága az *UDL1* vonalnak volt (1,4 db), a legtöbb az *UDL6* vonalnak (9,1 db) (5. melléklet).

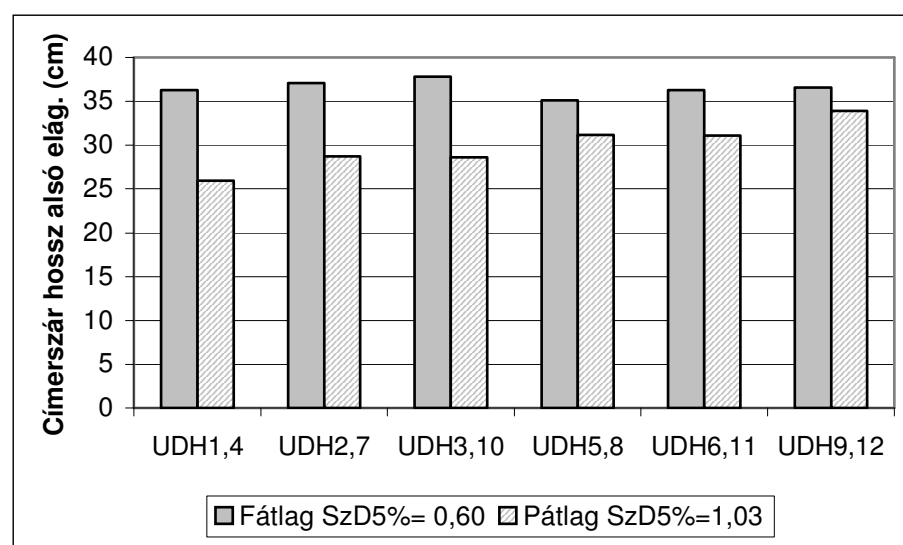
A hibridek címerág számának kialakításában a nagyobb címerág számmal rendelkező szülő hatása érvényesült (17. ábra). A legmagasabb címerág számmal azon hibridek rendelkeztek, melyek szülői komponensében az *UDL6* vonal szerepelt. A vizsgált évek átlagában a legtöbb címerága az *UDH6* és az *UDH9* hibrideknek illetve reciprok változatainak (*UDH11*, *UDH12*) volt. Mivel a címerág szám döntő fontosságú mind a szülő, mind a hibrid pollen termelő képességében (BÓDI és PEPÓ, 2007), ezért a hibridkombinációk előállításakor célszerű figyelembe venni ennek a tulajdonságnak a domináns jellegét.

Kiszámítottuk a vizsgált évek átlagában a heterózis mértékét. Az egyenes keresztezéseknél 116,7 %, a reciprok hibrideknél 121,6 %-os heteróvizist kaptunk.

A címerszár hosszát az alsó és a felső elágazástól számítva határoztuk meg. Az címerszár alsó elágazástól számított hossza az *UDH3* és az *UDH10* hibridneknél volt a legmagasabb (18. ábra). A két legnagyobb címerszár (alsó elág.) hosszal rendelkező szülői vonal (*UDL5*, *UDL6*) hatása minden kombinációjukban érvényre jutott. A heterózis mértéke az egyenes keresztezéseknél 122,4 %, míg a reciprok keresztezéseknél 122,1 % volt (6. melléklet).

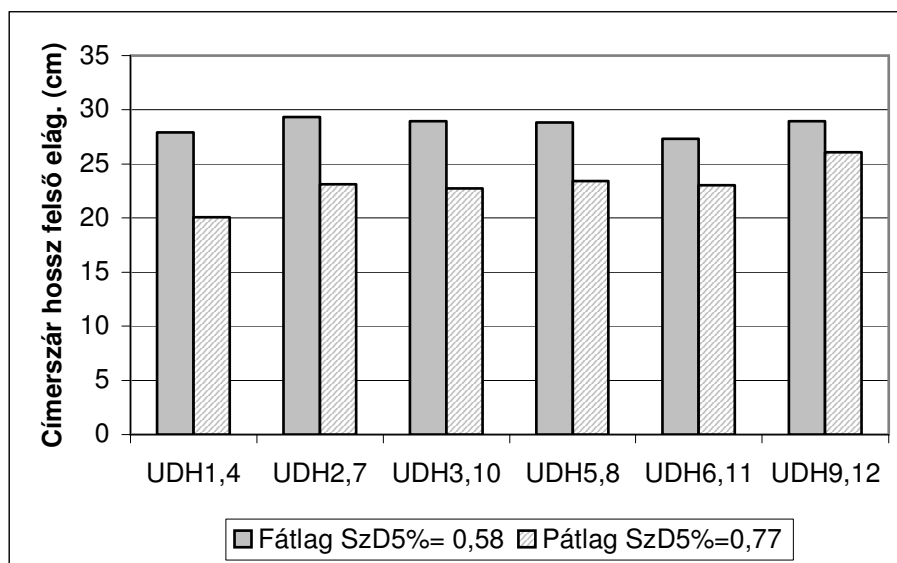


17. ábra Az egyenes és reciprok keresztezések címérág számának alakulása a szülők átlagához viszonyítva



18. ábra Az egyenes és reciprok keresztezések címerszár hossz (alsó elág.) alakulása a szülők átlagához viszonyítva

A felső elágazástól számított címerszár hosszában szintén az *UDL5* és az *UDL6* vonal hatása érvényesült a hibridkombinációikban (19. ábra). E két vonalnak volt a legnagyobb a felső elágazástól mért hossza. A heterózis mértéke az egyenes keresztezéseknél 124,3 %, míg a reciprok keresztezéseknél 123,0 % volt (7. melléklet).



19. ábra Az egyenes és reciprok keresztezések címerszár hossz (felső elág.) alakulása a szülők átlagához viszonyítva

4.7.3. A címeralkotó elemek összehasonlítása a hibridpárok szerint

Tulajdonságokként hasonlítottuk össze az egyenes és reciprok keresztezéseket a vizsgált években (21. táblázat). Kevés esetben tapasztaltunk statisztikailag is megbízható eltéréseket. Szignifikáns különbségeket a címer főszár átmérőnél, a címerszár alsó és felső elágazástól mért hosszánál, az elsődleges címerágak számánál és az összes címerág számánál tapasztaltunk. A címerág számban mutatkozó szignifikáns eltérések az *UDH1* és az *UDH4* hibrid esetében a főcímerszár átmérőjére és az címerszár hosszára is igazolható eltéréseket gyakoroltak. Ezen eltérések értékei azonban alatta maradtak a CPVO TP2/2 vizsgálati irányelv megadott, két hibrid megkülönböztethetőségéhez szükséges határértéknél (címerág szám, címer hossz).

**21. táblázat A hibridpárok címeralkotó elemeinek különbség
értékei a vizsgált évek szerint**

<i>Tulajdonság</i>	<i>Év</i>	<i>UDH1,4</i>	<i>UDH2,7</i>	<i>UDH3,10</i>	<i>UDH5,8</i>	<i>UDH6,11</i>	<i>UDH9,12</i>
Címer tömeg (g)	2005	0,1 ^{NS}	1,2*	0,5 ^{NS}	0,9 ^{NS}	0,6 ^{NS}	0,7 ^{NS}
	2006	0,9 ^{NS}	0,4 ^{NS}	0,5 ^{NS}	0,8 ^{NS}	0,6 ^{NS}	0,8 ^{NS}
Címer főszár átmérő (mm)	2005	0,5 ^{NS}	0,2 ^{NS}	1,9*	0,8 ^{NS}	0,3 ^{NS}	0,1 ^{NS}
	2006	1,3*	0,1 ^{NS}	1,9*	0,6 ^{NS}	1,3*	0,1 ^{NS}
Címerszár hossz alsó elágazástól (cm)	2005	1,6 ^{NS}	1,3 ^{NS}	2,4*	2,3 ^{NS}	1,2 ^{NS}	0,3 ^{NS}
	2006	4,5*	1,5 ^{NS}	1,8*	2,1 ^{NS}	4,4*	0,2 ^{NS}
Címerszár hossz felső elágazástól (cm)	2005	0,6 ^{NS}	0,7 ^{NS}	1,0 ^{NS}	0,1 ^{NS}	1,3 ^{NS}	1,6 ^{NS}
	2006	2,5*	3,4*	1,1 ^{NS}	0,2 ^{NS}	1,5 ^{NS}	1,4 ^{NS}
Összes címerág hossz (cm)	2005	33,3 ^{NS}	90,1*	43,3 ^{NS}	36,2 ^{NS}	21,8 ^{NS}	41,5 ^{NS}
	2006	74,5*	27,1 ^{NS}	48,7 ^{NS}	23,5 ^{NS}	29,7 ^{NS}	33,8 ^{NS}
Elsődleges címerág szám (db)	2005	1,1*	0,4 ^{NS}	0,3 ^{NS}	0,1 ^{NS}	0,3 ^{NS}	0,3 ^{NS}
	2006	1,3*	0,3 ^{NS}	0,2 ^{NS}	0,4 ^{NS}	0,1 ^{NS}	0,4 ^{NS}
Címer terület index [TAI]	2005	515,6 ^{NS}	636,4 ^{NS}	67,8 ^{NS}	44,4 ^{NS}	631,4 ^{NS}	150,6 ^{NS}
	2006	337,2 ^{NS}	485,4 ^{NS}	81,2 ^{NS}	78,2 ^{NS}	498,7 ^{NS}	312,2 ^{NS}

Szignifikancia szintek: *P=5 %, ^{NS}=nem szignifikáns

4.7.4. A címeralkotó elemek varianciaanalízise

A címeralkotó elemek vizsgálatát mindkét évben elvégeztük. A varianciaanalízis alapján megállapíthatjuk, hogy az alsó elágazástól számított címerhossznál, az összes címerágak hosszánál, az elsődleges címerágak számánál és a címer terület indexnél (TAI) a fő tényezők és a genotípus $\times$ évjárat kölcsönhatás szignifikánsak voltak $P=0,1$ %-os szinten (22. és 23. táblázat).

A címer tömegét az évjárat befolyásolta a legnagyobb mértékben. A címerszár átmérőjére az évjárat nem mutatott statisztikailag igazolható hatást. A címer alsó és felső elágazástól mért hosszára mindkét esetben az évjáratnak volt a legnagyobb hatása, majd ezt követte a genotípus hatása. Az összes címerágak hosszára, az elsődleges címerágak számára és a címer terület indexre is az évjárat volt a legnagyobb mértékben hatással. Az elsődleges címerágak számára az évjárat hatása után csökkenő sorrendben a genotípus és a genotípus $\times$ évjárat volt a legnagyobb hatással.

22. táblázat A genotípus és az évjárat hatása a címer tömegére, a címerszár átmérőjére és a címer alsó és felső elágazástól számított hosszára

Tényezők	Sz. fok	Címer tömeg	Címerszár átmérő	Címer hossz az alsó elágazástól	Címer hossz a felső elágazástól
		MQ			
Genotípus	11	2,087**	1,083***	37,001***	31,176***
Évjárat	1	21,671***	0,079 ^{NS}	108,266***	44,809**
Genotípus $\times$ Évjárat	11	1,267*	6,275***	4,616***	5,208***
Hiba	48	0,544	0,226	3,348	3,643

Szignifikanciaszintek: *** $P=0,1$ %, ** $P=1$ %, * $P=5$ %, ^{NS}=nem szignifikáns

23. táblázat A genotípus és az évjárat hatása az összes címerágak hosszára, az elsődleges címerágak számára és a címer terület indexre (TAI)

Tényezők	Sz. fok	Összes címerágak hossza	Elsődleges címerágak száma	TAI (Címer terület index)
		MQ		
Genotípus	11	5500,711***	15,572***	2006479,354***
Évjárat	1	37679,700***	18,503***	20143505,656***
Genotípus $\times$ Évjárat	11	6551,952***	8,170***	737912,360***
Hiba	48	710,583	2,163	201655,179

Szignifikanciaszintek: ***P=0,1 %, **P=1 %, *P=5 %, ^{NS}=nem szignifikáns

4.7.5. A címeralkotó elemek és néhány mennyiségi jellemző összehasonlítása, kapcsolatrendszer

A vizsgált tizenkét hibrid címeralkotó elemeit és néhány mennyiségi mutatóját hasonlítottuk össze Pearson-féle korrelációs együttható számítással (24. táblázat).

A címertömeg az összes elágazás hosszával (Σ elágazásh.) (0,59**), a címerág számmal (0,53**) és a címer terület indexszel (TAI) korrelált közepesen, de magas megbízhatósági szinten. Ez AULICINO és mtsai. (1987) kutatásait támasztja alá, akik a címer tömege és az összes elágazások hossza között pozitív szoros korrelációt mutattak ki. Pozitív laza kapcsolatban volt a címerszár átmérővel (címer atm.), az alsó elágazástól mért címerhosszal (címerhossz a.) és a hektolitertömeggel. A növénymagassággal, a termésmennyiséggel és az ezerszemtömeggel (1000 sz.tömeg) közepes erősségű negatív kapcsolatban állt ($P=0,01$ % szinten). A csőeredési magassággal negatív laza, de magas megbízhatósági szinten korrelált.

A címerszár átmérő az alsó elágazástól mért címerhosszal pozitív közepes, míg a felső elágazástól számított címerhosszal szintén pozitív, de laza kapcsolatban állt ($P=0,01$ % szinten). Kapcsolata a többi tulajdonsággal nem bizonyultak szignifikánsnak. A címer általunk is vizsgált karaktereinek jellemzőit, a címerszár átmérő kivételével közepes vagy magas örökölhetőségi értékszámokkal jellemezhetők (UPADYAYULA és mtsai. 2006).

Az alsó elágazástól számított címerhossz szoros pozitív kapcsolatban volt a felső elágazástól számított címerhosszal (0,87**). Laza, de pozitív kapcsolatot találtunk az összes elágazás hosszával, a növénymagassággal, a csőeredési magassággal és a levélterület indexszel (LAI).

Az összes elágazás hossz a címerág számmal korrelált legszorosabban (0,75**), majd közepes, de erős szignifikanciával a címer terület indexszel. A növénymagassággal laza negatív, míg a hektolitersúllyal szintén laza, de pozitív kapcsolatban volt.

A címerág szám a címer terület indexszel pozitív közepes (0,43**), a hektolitertömeggel laza kapcsolatot mutatott. A címerág szám a levélterület indexszel és a növénymagassággal közepes negatív korrelációban állt magas megbízhatósági szinten. Kutatásunk ellentmond NETO és mtsai. (1997) vizsgálatainak, akik szoros pozitív (0,74*) kapcsolatot tártak fel e két tulajdonság (növénymagasság-címerág) között.

24. táblázat A vizsgált tulajdonságok közötti Pearson-féle korrelációs együttható értékei

<i>Tulajdonságok</i>	<i>Címer tömeg</i>	<i>Címer átm.</i>	<i>Címer hossz a.</i>	<i>Címer hossz.f.</i>	<i>Σ elágazásh.</i>	<i>Címer-ágsz.</i>	<i>TAI</i>	<i>Növény-mag.</i>	<i>Csőered. mag.</i>	<i>Termés</i>	<i>LAI</i>	<i>Levél-szám</i>	<i>1000-szem-tömeg</i>	<i>Hekto-litertömeg</i>
Címer tömeg														
<i>Címer átm.</i>	0,24*													
<i>Címerhossz a.</i>	0,36**	0,42**												
<i>Címerhossz.f.</i>	0,20	0,36**	0,87**											
<i>Σelágazásh.</i>	0,59**	0,12	0,35**	0,14										
<i>Címerágsz.</i>	0,53**	0,05	-0,05	-0,22	0,75**									
<i>TAI</i>	0,65**	0,05	0,18	0,13	0,46**	0,43**								
<i>Növénymag.</i>	-0,45**	0,18	0,25*	0,21	-0,24*	-0,43**	-0,63**							
<i>Csőered.mag.</i>	-0,24*	0,20	0,23*	0,16	-0,13	-0,22	-0,33**	0,79**						
<i>Termés</i>	-0,39**	0,13	-0,04	-0,14	-0,10	-0,09	-0,55**	0,56**	0,51**					
<i>LAI</i>	-0,22	0,22	0,28*	0,23	-0,08	-0,39*	-0,27*	0,67**	0,77**	0,67**				
<i>Levélszám</i>	-0,07	0,08	0,14	0,15	0,01	-0,12	-0,07	0,41**	0,55**	0,17	0,48**			
<i>1000sz.tömeg</i>	-0,45**	-0,01	-0,14	-0,14	-0,06	-0,11	-0,44**	0,52**	0,19	0,38**	0,31**	0,05		
<i>Hektolitertömeg</i>	0,30**	-0,11	0,08	0,12	0,26*	0,26*	0,55**	-0,61**	-0,37**	-0,59**	-0,35**	-0,06	-0,46**	

Szignifikancia szintek: **P=0,01 %, *P=0,05 %, a jelzés nélküli értékek nem voltak szignifikánsak.

A címerterület index szoros negatív kapcsolatban volt a növénymagassággal és a terméseredménnyel, továbbá az ezerszemtömeggel ($P=0,01$ % szinten). Szintén negatív, de közepes erősséggel korrelált a csőeredési magassággal és a levélterület indexszel. A növénymagasság és a levélterület index szoros pozitív kapcsolatát a termés mennyiségével sok szerző kimutatta (ZSUBORI és mtsai. 2002; EL HALLOF és SÁRVÁRI, 2006). A címer méretéből adódó árnyékoló hatást, - levélterület csökkenést – LAMBERT és JOHNSON, (1977) megállapításához hasonlóan a fenti negatív korrelációkkal mi is bizonyítani tudtuk. Eredményeink a címer terület index növénytermesztési, növénynemesítési felhasználását, alkalmazhatóságát erősíti meg. A címer terület index (TAI) megközelítése kettős, egyrészt FONSECA és mtsai. (2003) szerint az egyes kukorica genotípusok pollentermelőképességét a TAI használata kiválóan előrejelzi. Ez a vetőmagelőállításban a szülői komponensek megválasztásánál kiemelkedő jelentőséggel bír, ugyanakkor vizsgálatunk alapján a termésre és a terméssel szoros kapcsolatban lévő tulajdonságokra negatív előjelű kölcsönhatással rendelkezik. A címer terület index a hektolitertömeggel laza, de pozitív kapcsolatban állt.

A növénymagasság szoros pozitív kapcsolatban volt a csőmagassággal. Közepes pozitív kapcsolatban állt a termésmennyiséggel, a levélterület indexszel, a levélszámmal és az ezerszemtömeggel magas megbízhatósági szint mellett. A hektolitertömeggel negatív előjellel közepesen korrelált.

A csőeredési magasság a levélterület indexszel szoros pozitív, míg a termésmennyiséggel és a levélszámmal közepes kapcsolatban állt. A hektolitertömeggel negatív laza korreláció volt kimutatható.

A termésmennyiség pozitív közepes erősséggel a levélterület indexszel, míg a hektolitertömeggel negatív közepes kapcsolatban volt $P=0,01$ % szinten. Az ezerszemtömeggel laza pozitív korrelációban állt.

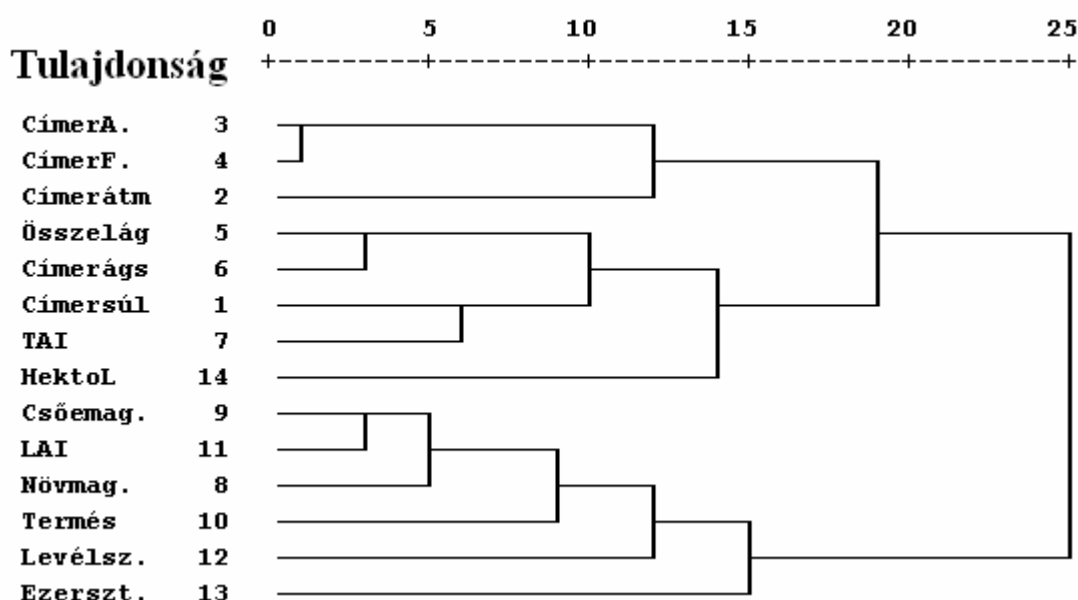
Az ezerszemtömeg a hektolitertömeggel negatív közepes erősséggel magas megbízhatósági szint mellett állt kapcsolatban. Ez ellentmond LI és mtsai. (2007) eredményeinek, akik szignifikáns szoros pozitív értékeket állapítottak meg e két vizsgált tulajdonságnál. Hasonló eredményt kapott POMERANZ és mtsai. (1986) ($r=0,33^{ns}$), míg DORSEY-READING és mtsai. (1991) szintén két éves vizsgálatukban nem tudtak szignifikáns korrelációt kimutatni az ezerszemtömeg és a hektolitertömeg között.

A hektolitertömeg vizsgálatok és a hektolitertömegre ható tényezők hazai szakirodalma meglehetősen csekély számú, a fejezet ezen részével a hazai szakirodalom bővítése is célunk volt.

4.7.6. A címeralkotó elemek és a vizsgált tulajdonságok dendrogramja

Az előző fejezet vizsgált összetevők kapcsolatrendszerét vizuálisan mutatja be a 20. ábra. A címeralkotó elemek és a többi vizsgált paraméter összefüggéseit a dendrogram eredményei is megerősítik. Két jól elkülönülő clusterre lehet felbontani a vizsgált tulajdonságokat.

Az egyik clustert a címeralkotó elemek tették ki, melyekhez a hektolitertömeg is bekapcsolódott közel a 15-ös beosztáshoz. Ez igen jól illusztrálta a címeralkotó elemekkel való laza vagy közepes kapcsolatát. A másik clusterbe a további vizsgált tulajdonságok (termés és az azt befolyásoló elemek) kerültek.



20. ábra A hibridek tulajdonságainak dendrogramja a vizsgált tényezők tekintetében

Rövidítés:

CímerA.: címerhossz az alsó elágazástól számítva; CímerF.: címerhossz a felső elágazástól számítva; Címerátm.: címerátmérő; Összelág: az összes elágazás hossza; Címerágs: címerág szám; Címersúl: címersúly; TAI: címer terület index; HektoL: hektolitertömeg; Csőemag.: csőeredési magasság; LAI: levélterület index; Növmag.: növénymagasság; Termés: terméseredmény; Levélsz.: levélszám; Ezerszt.: ezerszemtömeg.

4.8. Eltérő szemszínű kukorica genotípusok FRAP módszerrel meghatározott vízdoldható antioxidáns aktivitásának értékelése

A sárgaszemszínű kukorica genotípusok vízdoldható (a továbbiakban WS) antioxidáns aktivitásának varianciaanalízis eredményei alapján (25. táblázat) megállapíthatjuk, hogy minden varianciaforrás szignifikánsnak bizonyult 0,1 % szinten. Az WS antioxidáns aktivitásra az évjárat hatása bizonyult a legnagyobbnak.

25. táblázat A sárgaszemszínű vonalak és hibridek WS antioxidáns aktivitásának varianciatáblázata

A variancia forrása	Sz. fok	MQ
Genotípus	31	3,662***
Évjárat	1	56,357***
Genotípus $\times$ Évjárat	15	1,827***
Hiba	64	0,009

Szignifikancia szint: ***P=0,1 %

A sárgaszemszínű vonalak és hibridek WS antioxidáns aktivitásának mértékét az 26. táblázat tartalmazza. 2005-ben a WS antioxidáns aktivitás legnagyobb értéke a vizsgált vonalak között az *UDL1*-ben volt 8,97 mg/kg C-vitamin egyenértékkel. Szignifikánsan csak az *UDL1* vonal és a legkisebb WS antioxidáns aktivitást mutató *UDL4* vonal különbözött a többi vonaltól. A hibridek közül ötnek (*UDH2*, *UDH3*, *UDH8*, *UDH9*, *UDH10*) volt az átlagot meghaladó értéke a vizsgált tulajdonság tekintetében. A legnagyobb WS antioxidáns aktivitással az *UDH3* hibrid rendelkezett 11,67 mg/kg C-vitamin egyenértékkel. A 2006-os évben az átlag eredmény több mint 1,5 mg/kg C-vitamin egyenértékkel megelőzte az előző évi eredményt. A vonalak közt az előző évhez hasonlóan az *UDL1* vonal WS antioxidáns aktivitás tartalma bizonyult a legmagasabbnak (12,03 mg/kg C-vitamin egyenérték), majd ezt követte csökkenő sorrendben az *UDL6*-os, *UDL5*-ös és az *UDL4*-es vonal. A hibrideknél az átlagot öt SC keresztezés (*UDH1*, *UDH2*, *UDH3*, *UDH4*, *UDH10*) haladta meg. A legnagyobb értéke az *UDH2* hibridnek volt 12,51 mg/kg C-vitamin egyenértékkel, majd ezt követte csökkenő sorrendben az *UDH3*-as, az *UDH10*-es, az *UDH1* és az *UDH4*-es vonal. Az *UDL1* vonal az *UDH7* hibrid kivételével minden egyes keresztezésében az átlagot meghaladó mértékű volt. Összességében elmondható, hogy az évjárat nagy hatással volt

a vizsgált genotípusokra, de mértéke az össz WS antioxidáns aktivitáshoz képes elhanyagolható. Nagy variabilitás figyelhető meg az egyes vonalak és hibridek értékeiben.

26. táblázat A sárga szemszínű kukorica vonalak és hibridek WS antioxidáns aktivitásának (mg/kg C-vitamin egyenértékben) átlagértékei

Genotípus	Év	
	2005	2006
UDL1	8,97	12,03
UDL4	8,62	9,20
UDL5	8,44	10,25
UDL6	8,63	11,83
UDH1	8,84	10,86
UDH2	9,37	12,51
UDH3	11,67	11,15
UDH4	9,03	10,65
UDH5	7,97	9,27
UDH6	8,56	9,95
UDH7	8,53	9,89
UDH8	9,26	10,40
UDH9	9,99	9,81
UDH10	10,39	10,98
UDH11	8,32	10,15
UDH12	8,24	10,14
Átlag	9,05	10,56
SzD _{5%}	0,14	0,17

A vizsgálataink további részében arra kerestük a választ, hogy az eltérő szemszínű (vörös, kék) kukoricafajták milyen WS antioxidáns aktivitással rendelkeznek (27. táblázat) és mekkora különbség létezik a konvencionális sárga szemszínű és az eltérő szemszínű genotípusok között az antioxidáns aktivitás tekintetében.

27. táblázat A kék és vörös szemszínű kukoricafajták és hibridek WS antioxidáns aktivitásának értékei

Genotípus	Átlagértékek mg/kg C-vitamin egyenértékben $\pm$ SD
Black Mexican	199 $\pm$ 14
Alamo Navajo Blue	206 $\pm$ 22
Hopi Blue	217 $\pm$ 8
Rdeci	263 $\pm$ 54
HopiTurquoise	263 $\pm$ 7
Rotmais	264 $\pm$ 34
Blaumais	331 $\pm$ 5
Purple Red Flour	359 $\pm$ 23
Santo Domingo Blue	403 $\pm$ 30
Japonica	447 $\pm$ 59
Taos Pueblo Black	450 $\pm$ 84
Sandia Pueblo Black	639 $\pm$ 19
Átlag	323
SzD _{5%}	52

Jelentős különbségek mutatkoztak a különböző genotípusok WS antioxidáns aktivitásában. A legnagyobb WS antioxidáns aktivitást a *Santo Pueblo Black* esetében tapasztaltuk a 639 $\pm$ 19 mg/kg C-vitamin egyenértékkel. A legkisebb értéket a *Black Mexican* fajtánál kaptuk (199 $\pm$ 14 mg/kg C-vitamin egyenérték). A vörös szemszínű fajták közül két fajta (*Rdeci*, *Rotmais*) értékei 263 $\pm$ 54 és 264 $\pm$ 34 mg/kg C-vitamin egyenérték között változtak, ettől szignifikánsan csak a *Japonica* fajta különbözött. E fajta WS antioxidáns aktivitás értéke (447 $\pm$ 59 mg/kg C-vitamin egyenérték) több mint másfélszerese a többi vörös szemszínű kukorica értékének. Az eredmények rámutatnak a fajtákban rejlő nagyfokú variabilitásra a WS antioxidáns aktivitás tekintetében. Eredményeinket kevés publikációval lehet összevetni. Csekély számú tanulmány jelent meg e témában, mely az antioxidáns aktivitást fajtaspecifikusan mutatná be. DEL POZO-INSFRAN és mtsai. (2006) két kék és egy fehér szemszínű kukoricafajta szemtermését és a belőlük feldolgozott termékeket (chips, tortilla, nixtamal) vizsgálták. A szemek antioxidáns tartalma között a *Mexican Blue* fajta értéke volt a legnagyobb megelőzve az *American Blue* és a fehér szemszínű genotípust. A legnagyobb értékét

mutató fajta (*Mexican Blue*) feldolgozott termékei is a legnagyobb antioxidáns kapacitást mutatták. Az eredményeik tükrében feltételezhető, hogy az általunk vizsgált genotípusokból készült termékek esetleges élelmiszeripari felhasználásuk után nagyfokú variabilitás mutatnának az antioxidáns aktivitásuk tekintetében. A sárga és a kék illetve vörös szemszínű kukorica genotípusok általunk vizsgált WS antioxidáns aktivitásának eloszlását mutatja a 21. ábra.

A vízben oldható antioxidáns vizsgálat komplex értékelése az eltérő szemszínű kukorica genotípusok esetében felhívja a figyelmet a fajtákban rejlő genetika potenciál értékére. A kukorica humán élelmezésben betöltött egyre növekvő szerepe miatt fontos lenne az élelmiszeripari felhasználásra szánt kukorica genotípusok szigorú minőségvizsgálatát az antioxidáns aktivitás mérésével is kiegészíteni. Így nagyobb biológiai aktivitással rendelkező hibridek kiválasztására és céltermesztésére kerülhetne sor.

A kék szemszínű kukoricafajták esetleges előnytelen tulajdonságait (fattyasodás, szárszilárdsági hibák, termőképesség) visszakeresztezéses (Back-cross) nemesítési eljárással (10. melléklet) is ki lehet küszöbölni (elit fehér vagy sárga szemszínű beltenyésztett vonal felhasználásával).

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

5.1. A vizsgált vonalak jellemzői, polimorfizmus vizsgálata fenotípusos-, fehérje- és DNS-szinten

A Ph.D. disszertáció keretében négy gyors neutronnal kezelt beltenyészített kukorica vonalnak (*UDL1*, 4, 5, 6) végeztük el a teljes morfológiai leírását. A vizsgálatokat kiegészítettük a négy vonal egyenes és reciprok keresztezéseinek (12 hibrid) a DUS (8. és 9. melléklet) leírásával is. A beltenyészített kukoricavonalakkal létrehozott diallélrendszerek segítségével meghatározhatók az egyes keresztezési partnerek általános (GCA) és specifikus (SCA) kombinálódó képessége. A beltenyészített vonalak morfológiai (CPVO TP2/2 irányelvre alapozott), biokémiai (zein tartalékfehérje) és DNS szintű AFLP markerei alkalmasak a vonalak közötti genetikai hasonlóság/távolságok becslésére. Lehetőség van még a diallél rendszerek létrehozása előtt olyan beltenyészített vonalak kiválasztására, melyek genetikai hasonlósága a legkisebb. Ez egy előzetes szelekciót tesz lehetővé a kukoricanemesítés során. Ezzel időmegtakarítást és költség hatékonyságot érhetünk el.

A fenotípusos, fehérje és DNS-szintű polimorfizmus vizsgálat alapján a megállapítottuk:

- A 30 tulajdonságra alapozott DUS leírás és az ebből létrehozott cluster analízis a négy beltenyészített kukorica vonalat két csoportra osztotta, az elsőbe a dendrogramon egymáshoz szorosan kapcsolódó *UDL5* és a 6-os vonalat, a másodikba az egymáshoz képest távolabb kapcsolódó *UDL1* és 4-es vonalat.
- A 14 polimorf zein mintázat alapján számított Jaccard index és cluster analízis eredményei az előző eredményt már módosította. Az *UDL4* vonalat a genetikai hasonlóság/távolság vizsgálat valamint a cluster analízis már az *UDL5* és 6-os vonalak alkotta csoportba sorolta.
- A három primer párral végzett AFLP analízis 208 amplifikált sávot, ebből 70 polimorf sávot eredményezett. Ezen eredmények hasonló tendenciát mutattak a zein vizsgálattal, vagyis az *UDL4* vonal az *UDL5* és 6-os vonalhoz kapcsolódik. A három vonal közötti kapcsolat pontosításra került. Az analízis valószínűsíti, hogy az *UDL5* és 6-os vonalak féltestvéri kapcsolatban állnak a Jaccard indexre alapozott genetikai hasonlóság/távolság vizsgálat alapján. A tartalékfehérje vizsgálat eredményét megerősítette, pontosította az AFLP technika alkalmazása.

- A morfológiai tulajdonságok alapján megállapított rokonsági fokok nem mutattak megbízható eredményt, szükséges a biokémiai-genetikai markerek felhasználása a nemesítési munka során. A DNS vizsgálat eltérő eredményeit a DUS vizsgálatokhoz képest az alacsony primerszámok is magyarázhatják. A primerek számát a jövőben célszerű növelni az *UDL4* vonal pontosabb clusterezéséhez.

A heterózis nemesítés egyik alapfeltétele a szülői vonalak közötti genetikai távolság biztosítása, a rokonsági fokok szerinti csoportosítása, ez az imént említett komplex vizsgálattal hatékonyan bizonyult. A kísérlet során a négy beltenyésztett vonalat jól definiálhatóan két csoportra lehetett bontani (I. *UDL1*; II. *UDL4*, *UDL5*, *UDL6*). Legnagyobb a genetikai távolságot az *UDL1* és *UDL6* vonalnál becsültük, a legszorosabb rokonsági fok az *UDL5* és *UDL6* vonal között létezik.

5.2. A termőképesség és az általános és specifikus kombinálódó képesség eredményének értékelése

A termőképesség-vizsgálat kimutatta, hogy az egymástól genetikailag legtávolabbra becsült vonalak mutatták a legnagyobb termőképességet mind egyenes, mind reciprok keresztezéseiben (*UDH3* és *UDH10*) mindhárom vizsgált évben. A kombinálódó-képességi értékek meghatározása után egy kiváló vonal kijelölése történt meg (*UDL1*). A legjobb specifikus kombinálódó képességi (SCA) értéket mindhárom évben a termésátlagok alapján az *UDL1* $\times$ *UDL6* (*UDH3*) hibridkombináció érte el.

Ezek az eredmények megerősítik a hibridkombinációk teljesítményének komplex módszerrel történő becslését, előrejelzését. Lehetővé teszik a szántóföldi kísérletek számának és idejének csökkentését. Pontosabbá tehetik a legnagyobb heterózishatást adó kombinációk kiválasztását.

5.3. A keresztezési irányok vizsgálata néhány morfológiai jellemző alapján

Az egyenes és reciprok keresztezéseket a három vizsgált év átlagában négy tulajdonságnál vizsgáltuk. Megbízható eltéréseket kevés esetben találtunk, a növénymagasság és a csőeredési magasság esetében volt tapasztalható gyakoribb statisztikailag igazolható eltérés. Nem tudtunk kimutatni szignifikáns eltérést a levélszám tekintetében a keresztezési irányok megváltoztatásával.

A három vizsgált év átlagában a növénymagasság (32,9 % és 31,8 %) és a csőeredési magasság (33,9 % és 33,1 %) esetében tapasztaltuk a legnagyobb heteróizist. A legkisebb mértékű hibridfőlény a szárátmérőt (16,4 % és 14,1 %) és a levélszámot (10,1 % és 11,7 %) jellemezte.

5.4. A hektolitertömeg és az ezerszemtömeg változása a genotípusok függvényében

A hazai kukoricatermesztés produktumának jelentős hányadát külföldi piacokon értékesítjük. Az egyre szigorodó minőségi követelmények között megjelent a hektolitertömeg mérésére vonatkozó igény is. A hektolitertömeg mérés nem ismeretlen az egyéb gabonafélékben, mint a búza vagy árpa, de a kukoricánál ez idáig kevésbé alkalmazott minőségi mutató volt hazánkban. Talán ez az oka, hogy meglehetősen kevés információval illetve kutatási háttérrel rendelkezünk ebben a témakörben.

Vizsgálatunkban eltérő szemtípusú hibridek ezerszemtömegét és hektolitertömegét határoztuk meg. Jelentős különbségeket tapasztaltunk a vizsgált genotípusok értékeinél a két tulajdonság tekintetében. A genotípus x évjáráthatás egyik vizsgált évben sem volt szignifikáns vizsgálatunkban. A legnagyobb ezerszemtömeget a lófogú szemtípusú hibrideknél kaptuk, a legmagasabb hektolitertömeget a vizsgált években a féllófogú hibrideknél mértük a lófogú hibrideknél átlagosan minimum 2 kg/hl értékkel. A kapott hektolitertömeg értékek minden hibridnél meghaladták az elmúlt év (2006) bevezetett intervenciós felvásárlásnál alkalmazott minimum hektolitertömeg értéket. A kapott kedvező eredményeinket PEPŐ és mtsai. (2007) megállapításai szerint egyrészt a hibridek genetikai adottságaival, másrészt a vizsgált évek kedvező agroökológiai tényezőivel is magyarázható. Megállapításunk megegyezik SÁRVÁRI és mtsai. (2007) adataival, miszerint a hektolitertömeg nagymértékben függ a genotípustól, vagyis a hibridek genetikai háttérétől.

5.5. A kukorica címeralkotó elemeinek vizsgálata

Az évjárat hatása volt a legnagyobb minden általunk vizsgált címeralkotó elemnél a címerszár átmérő kivételével. A címeralkotó elemeket tekintve a vizsgált hibridjeink között jelentős különbségek voltak. Azon hibrideknek volt legmagasabb a címerág száma, melyekben az *UDL6* vonal szülői komponensként szerepelt. A hibridek címerág számának kialakításában a nagyobb címerág számmal rendelkező szülő hatása

érvényesült. A heterózis mértéke a címerágak számánál az egyenes keresztezéseknél 116,7 %, míg a reciprok keresztezéseknél 121,6 %-nál alakult. A címerhossz esetében az *UDL5* és az *UDL6* vonal hatása érvényesült a hibridkombinációkban.

Címeralkotó elemenként összehasonlítottuk az egyenes és reciprok keresztezéseket a vizsgált években. Megbízható eltéréseket kevés esetben tapasztaltunk. A címerág számában mutatkozó szignifikáns különbségek az *UDH1* és az *UDH4* hibrid esetében a főcímerszár hosszára és átmérőjére is megbízható eltérést gyakorolt. Ezen különbségek azonban alatta maradtak a két hibrid megkülönböztethetőségéhez szükséges határértékeknek.

Elvégeztük a vonalak és hibridek virágzásbiológiai tulajdonságainak és a címeralkotó elemeinek értékelését is. Döntő fontosságúnak ítéljük meg a főcímerszár tömörségét és a címerágak számát a keresztezési irány megválasztása szempontjából. Javaslatunk szerint a tömöttebb – nagyobb számú kalászkákkal jellemezhető – főcímerággal és magasabb címerág számmal rendelkező vonalak kívánatosak a hibridkombinációkban apai szülőkomponensként felhasználni. A címeralkotó elemek szerepe az elkövetkezendő években egyre fontosabb szerephez juthat. A globális klímaváltozás következtében egyre gyakoribb nyári aszályos időszakok a virágzási időszakban felerősítik a kukorica reprodukciós szervei vizsgálatának szükségességét. A virágzási időszakban fellépő aszályos időszak a pollenszóródási időszak rövidülését a pollen mennyiség csökkenését vonhatja maga után. A proterandria következtében a nővirágzat nem kielégítő pollenmennyiség következtében csökkent termékenyülése, esetlegesen annak teljes hiánya is bekövetkezik. Napjainkban a mai hibridek és szülői vonalak kisebb címermérettel rendelkeznek, mint a múltban (URIBELARREA és mtsai. 2002). Napjainkban több vizsgálat is megindult a pollen életképességi vizsgálataira (HIDVÉGI és mtsai. 2005, 2006). Ez is alátámasztja a címeralkotó elemek vizsgálatának időszerűségét. A vetőmagtermesztésben és árukukorica termesztésben nagyobb figyelmet kell fordítani a címer tényezők vizsgálatára.

Pearson-féle korrelációs együttható számítással meghatároztuk a címeralkotó elemek és néhány mennyiségi jellemző közötti kapcsolatok erősségét. A különböző tulajdonságok egymásra közvetlenül vagy közvetett módon hatást gyakorolhatnak. A magas megbízhatósági szinten közepes vagy szoros összefüggések a tulajdonságok között előrevetíthetik a tulajdonságok nem közvetlen befolyásolásának lehetőségét. Az általunk adaptált címer terület index (TAI) negatív irányú közepes erősséggel korrelált a növénymagassággal és a termésmennyiséggel, továbbá az ezerszemtömeggel ($P=0,01$

%-os szinten). A levélterület indexszel és a csőeredési magassággal szintén negatív irányú, közepes kapcsolatban volt. A címeralkotó elemekből felépülő, azok együttes hatását kifejező címer terület index alkalmas lehet az alacsony örökölhetőségi értékszámokkal jellemezhető tulajdonságok közvetett szelekciójára.

A tulajdonságok kapcsolatrendszerét hierarchikus clusteranalízissel segítségével dendrogram formájában is bemutattuk. A címeralkotó elemek és a termés és termés kialakításában szerepet játszó tényezők két külön clustert alkottak.

5.6. Eltérő szemszínű kukorica genotípusok FRAP módszerrel meghatározott vízdoldható antioxidáns aktivitásának vizsgálata

Vizsgáltuk sárgaszemszínű kukoricavonalak és hibridjeik vízdoldható antioxidáns aktivitásának tartalmát. Az eredményeket kiegészítettük vörös és kék szemszínű kukoricafajták értékeivel is. Megállapítottuk, hogy a sárgaszemszínű kukoricavonalak és hibridek vízdoldható antioxidáns aktivitása függött a genotípusoktól és az évjáráttól. A vizsgált sárgaszemszínű kukoricavonalak és hibridek vízdoldható antioxidáns aktivitása nagyságrendekkel kisebb (7,97-12,51 mg/kg C-vitamin egyenérték), mint a vizsgált kék és vörös szemszínű genotípusok értékei (199-639 mg/kg C-vitamin egyenérték). A jövőben szélesíteni kell a vörös és kék szemszínű kukorica genotípusok felhasználását a humán élelmiszeripari feldolgozásban.

A jövő növénynevelésében nagyobb figyelmet kell fordítani a funkcionális élelmiszernek leginkább alkalmas fajták nemesítésére. E cél elérésében szükségesnek látszik új – esetlegesen – egzotikus tájfajták hazai adaptálása, másrészt a feldolgozáshoz szükséges új technológiák kifejlesztése. Széleskörű alap- és alkalmazott kutatások szükségesek e témában. Ezzel a piacbővítést, új típusú piaci szegmens kiépítését, ezáltal a hazai mezőgazdaság fejlesztésén túl természetes alapú egészségmegőrző, javító termékek előállítását segíthetjük elő. Azon tanulmányok, melyek a kukorica-genotípusok, -termékek antioxidáns hatása és a krónikus betegségek kialakulása közötti kapcsolatot vizsgálják, olyan területnek tűnnek, ami további kutatásokat tesz szükségessé.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A kukorica a rizs és búza mellett az egyik legfontosabb termesztett növény a világon. Magyarországon viszonylagos stabilitással vetésterülete 1-1,2 millió hektár között ingadozik. Elsősorban takarmánynövényként hasznosítjuk, de a jövőben várhatóan emelkedni fog élelmiszeripari és egyéb ipari alapanyagként (keményítő, bioetanol stb.) történő felhasználása is.

A növénynemesítés évtizedek óta különböző diszciplinák egyidejű ismeretére és alkalmazására épül, így van ez a kukoricanemesítésben. A változatos nemesítési célkítűzésnek megfelelő kukoricahibrid előállítás nem nélkülözheti a nemesítési alapanyagok származásának, értékének pontos ismeretét.

Különböző eredetű kukoricagenotípusok komplex nemesítési értékelését végeztük el 2004 és 2007 között. A vizsgálatokat a Debreceni Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar Kertészettudományi és Növényi Biotechnológiai Tanszék kísérleti területén és a DE ATC Műszerközpontjában folytattuk le.

A Ph.D. disszertáció keretében négy gyors neutronnal kezelt beltenyésztett kukorica vonal (*UDLI*, 4, 5, 6) és ennek hibridjeit (*UDHI-12*) (egyenes és reciprok keresztezéseit) értékeltük komplex módon több tudományág együttes alkalmazásával.

A vonalak és a belőlük előállított hibridek teljesítményének és a vonalak közötti genetikai hasonlóság/távolság megállapítása volt a munka egyik célja. Griffing 1 modelljének 1. módszere alapján számítottuk ki az általános és specifikus kombinálódóképesség értékeit a termőképesség vonatkozásában.

A vonalak közötti genetikai hasonlóság/távolság megállapítását morfológiai- (DUS), fehérje - (zein tartalékfehérje mintázat IEF technikával) és DNS-szinten (AFLP-technikával három primerkombinációval) vizsgáltuk. Összehasonlítottuk az egyenes és reciprok keresztezéseket néhány tényező alapján.

Vizsgáltuk a tizenkét hibrid címeralkotó elemeit és néhány mennyiségi mutató kapcsolatát Pearson-féle korrelációs együttható számítással.

Összehasonlítottuk az általunk vizsgált sárga szemszínű vonalak és hibridjeik vízdoldható antioxidáns aktivitásának értékeit kék és vörös szemszínű kukoricafajtákkal.

Meghatározásra került a négy vizsgált vonal és a belőlük előállított tizenkét hibrid teljes körű morfológiai (DUS) leírása a CPVO TP2/2 vizsgálati irányelvre alapozva.

A heterózisnemesítés egyik alapfeltétele a szülői vonalak közötti genetikai távolság biztosítása, a rokonsági fokok szerinti csoportosítása. A morfológiai (DUS)

vizsgálat eredményét a zein és az AFLP technika alkalmazása tovább pontosította. A négy beltenyésztett vonalat jól definiálhatóan két csoportra lehetett bontani (I. *UDL1*; II. *UDL4*, *UDL5*, *UDL6*). Legnagyobb a genetikai távolságot az *UDL1* és *UDL6* vonalnál becsültük, a legszorosabb rokonsági fok az *UDL5* és *UDL6* vonal között létezik. Az *UDL5* és az *UDL6* vonal között az AFLP analízis adatai féltestvéri kapcsolatot valószínűsítene.

A hároméves termőképesség-vizsgálat alapján az egymástól genetikailag legtávolabbra becsült vonalak mutatták a legnagyobb termőképességet mind egyenes, mind reciprok keresztezéseiben (*UDH3* és *UDH10*) mindhárom vizsgált évben.

A heterózis hatás mértéke a vizsgált hibrideknél 37,5-382,5 % között változott a vizsgált években.

A kombinálódó-képességi (GCA) értékek meghatározása után egy kiváló vonal kijelölése történt meg (*UDL1*). A legjobb specifikus kombinálódó képességi (SCA) értéket mindhárom évben a termésátlagok alapján az *UDL1* x *UDL6* (*UDH3*) hibridkombináció érte el.

Meghatározásra került a vonalak és hibridek virágzásbiológiai és címeralkotó-elemeinek leírása a CPVO TP2/2 vizsgálati irányelv alapján.

A teljes diallél rendszerben szereplő tizenkét hibrid (hat-hat lófogú és féllófogú szemtípus) ezerszemtömegét és hektolitertömegét is összehasonlítottuk. A vizsgálatunk célja kettős volt: egyrészt azt értékeltük, hogy a különböző genotípusokra az évjárat hogyan hat a két tulajdonság szempontjából, másrészt a szemtípus milyen hatással van az ezerszemtömeg és a hektolitertömeg értékekre. Jelentős különbségeket tapasztaltunk a vizsgált genotípusok értékeinél a két tulajdonság tekintetében. A genotípus x évjáráthatás egyik vizsgált évben sem volt szignifikáns vizsgálatunkban. A legnagyobb ezerszemtömeget a lófogú szemtípusú hibrideknél kaptuk, a legmagasabb hektolitertömeget a vizsgált években a féllófogú hibrideknél mértük. A féllófogú hibridek hektolitertömege a lófogú hibrideknél átlagosan 2 kg/hl értékkel mutatott magasabb értékeket.

Az ezerszemtömeg és a hektolitertömeg között negatív előjelű közepes erősségű kapcsolatot tártunk fel a vizsgált évek átlagában magas megbízhatósági szint mellett.

A címeralkotó elemeket tekintve a vizsgált hibridjeink között jelentős különbségek voltak. Azon hibrideknek volt legmagasabb a címerág száma, melyekben a legnagyobb címerág számmal rendelkező *UDL6* vonal szülői komponensként szerepelt.

A hibrdek címerág számának kialakításában a nagyobb címerág számmal rendelkező szülő hatása érvényesült.

A címeralkotó elemek és néhány mennyiségi jellemző közötti kapcsolatok erősségét és a kölcsönhatások irányát Pearson-féle korrelációs együttható számítással határoztuk meg. A különböző tulajdonságok egymásra közvetlenül vagy közvetett módon hatást gyakorolhatnak. A magas megbízhatósági szinten közepes vagy szoros összefüggések a tulajdonságok között előrevetíthetik a tulajdonságok nem közvetlen befolyásolásának lehetőségét. Az általunk adaptált címer terület index (TAI) és a címer tömeg negatív irányú közepes erősséggel korrelált a növénymagassággal és a termésmennyiséggel, továbbá az ezerszemtömeggel ($P=0,01$ %-os szinten). A levélterület indexszel és a csőeredési magassággal szintén negatív irányú közepes kapcsolatban volt. A címeralkotó elemekből felépülő, azok együttes hatását kifejező címer terület index alkalmas lehet az alacsony örökölhetőségi értékszámmal jellemezhető tulajdonságok közvetett szelekciójára. A tulajdonságok közötti összefüggéseket hierarchikus clusteranalízis segítségével vizuálisan (dendrogram) is megjelenítettük.

Meghatároztuk a vizsgált sárgaszemszínű kukoricavonalak és hibridjeik vízdoldható antioxidáns aktivitásának tartalmát. Az eredményeket kiegészítettük vörös és kék szemszínű kukoricafajták értékeivel is. Megállapítottuk, hogy a sárgaszemszínű kukoricavonalak és hibrdek vízdoldható antioxidáns aktivitása függött a genotípusoktól és az évjáratától. A vizsgált sárgaszemszínű kukoricavonalak és hibrdek vízdoldható antioxidáns aktivitása nagyságrendekkel kisebb (7,97-12,51 mg/kg C-vitamin egyenérték) , mint a vizsgált kék és vörös szemszínű genotípusok értékei (199-639 mg/kg C-vitamin egyenérték). A jövőben szélesíteni kell a vörös és kék szemszínű kukorica genotípusok felhasználását a humán élelmiszeripari feldolgozásban.

7. SUMMARY

With rice and wheat, maize is one of the most important crop plants of the world. In Hungary, its production area is generally between 1 and 1.2 million hectares. It is used mainly as fodder corn, but one can predict that in the future it will be utilised as basic material for food and other industries (starch, bioethanol, etc.) too.

Plant breeding - so as maize breeding - is based on the common knowledge and application of different disciplines. Maize hybrid production suitable for various breeding aims needs the precise knowledge of origins and values of base materials.

Between 2004 and 2007, maize genotypes of different origins were evaluated in a complex way in view of selection. Studies were conducted on the experimental area of the Department of Horticulture and Plant Biotechnology and in the Equipment Centre (Centre of Agricultural Sciences, University of Debrecen).

During my Ph.D. work, four fast neutron irradiated inbred maize lines (*UDL1*, 4, 5, 6) and their hybrids (*UDH1-12*) (direct and reciprocal crosses) were evaluated with the common use of several disciplines. One of the aims was to determine performances of lines and their hybrids and genetic similarities/distances between them. General and specific combining abilities in regard of productivity were calculated by Griffing's model 1, method 1.

Genetic similarities/distances between lines were examined on morphological (DUS), protein (zein pattern with IEF) and DNA level (AFLP, three primer combinations).

Direct and reciprocal crosses were compared based on some factors. Tassel components of twelve hybrids and their relations to some quantitative features were studied with Pearson's correlation coefficient calculating method.

Water-soluble antioxidant activities of yellow kernel corn lines and hybrids were compared to those of blue and red kernel corn cultivars.

Global morphological (DUS) description of four lines and twelve hybrids were elaborated.

Grouping of parental lines and insurance of genetic distance between them was effective, it is one of the criteria of heterosis breeding. The application of zein studies and AFLP made results of morphological examinations more precise. The four inbred lines could be divided in a well-defined way into two groups (I. *UDL1*; II. *UDL4*, *UDL5*, *UDL6*). Highest genetic distance was predicted between *UDL1* and *UDL6*, while

UDL5 and *UDL6* were the closest relatives. AFLP analyses suggest halfsister relation between *UDL5* and *UDL6*.

According to the results of a three-year long productivity study, lines predicted to be genetically farthest from each other performed highest productivity both in case of their direct or reciprocal crosses (*UDH3* and *UDH10*) in all years. Heterosis effect was between 37.5 and 382.5% in the experimental years. After the determination of general combining abilities (GCA), one excellent line was selected (*UDL1*). According to yield averages, the highest specific combining ability (SCA) was performed by *UDL1* $\times$ *UDL6* (*UDH3*) hybrid combination in all years.

Description of flowering-biological features and tassel components of lines and hybrids were also determined.

Thousand kernel weights and test weights of twelve hybrids (6-6 dents and semidents) of the complete diallel system were compared. The aims of this study were to evaluate the cropyear effect on genotypes in view of these phenomena and the effects of kernel type on thousand kernel weight and test weight. Notable differences were observed. Genotype $\times$ cropyear effect was significant in none of the years. Highest thousand kernel weight was observed in dent hybrids, while highest test weight in semidents (higher than in dents with a minimum of 2 kg/hl in both years). Negative, medium correlation was experienced between thousand kernel weight and test weight with high reliability level in the average of the years.

In view of tassel components, significant differences were observed between hybrids. Hybrids having *UDL6* as parent had the highest tassel branch numbers. In forming tassel branch number of hybrids, the parent own the most branches had dominant effect.

Strength of relations between tassel components and some quantitative features were calculated with Pearson's correlation coefficient determining method. Different features can affect each other directly or indirectly. Medium or strong correlations on high reliability level can suggest indirect influence on traits. Adapted tassel area index (TAI) and tassel weight showed negative, medium correlation with plant height, yield and thousand kernel weight ($P=0.01\%$). Also this kind of correlation was observed with leaf area index and ear height. Tassel area index represents effects of tassel components. It can be suitable for direct selection of traits with low inheritability values. Connections between traits were visualized on a dendrogram with the use of hierarchic cluster analysis.

Water-soluble antioxidant activities in yellow kernel corn lines and hybrids were examined; in addition, those of red and blue cultivars were determined. Genotype and cropyear influenced water-soluble antioxidant activities of yellow corn lines and hybrids. Values were significantly lower ($7.97\text{-}12.51\text{ mg kg}^{-1}$ vitamin C equivalent) than in examined blue and red varieties ($199\text{-}639\text{ mg kg}^{-1}$ vitamin C equivalent). Utilization of blue and red kernel corn genotypes should be broadened in future's industrial food processing.

8. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Négy beltenyésztett kukoricavonal morfológiai-, fehérje-, és DNS-szintű polimorfizmus vizsgálatát végeztük el. Az eredmények alapjául szolgálhatnak a jövőben a tanszéken található kukoricagénbank vonalainak rokonsági körökbe való sorolásához.
2. Egy teljes diallél rendszer általános (GCA) és specifikus (SCA) kombinálódó képességi értékeinek meghatározása. A legjobb GCA értékekkel rendelkező vonal kiválasztása (*UDLI*), illetve a legjobb SCA értékkel rendelkező hibrid (*UDH3*) kiválasztása a három év eredményei alapján.
3. A keresztezési irányok megválasztásánál a három év átlagában megállapítottuk, hogy az egyenes és reciprok hibridpárok a vizsgált tulajdonságok tekintetében szorosan összefüggnek. Az anyai hatás kis mértékben csak a növénymagasságnál és a csőeredési magasságnál mutatkozott. A jelzett különbségek azonban kisebb mértékűek voltak, - a CPVO TP2/2 vizsgálati irányelvben rögzített – mint ami két hibrid megkülönböztethetőségéhez szükséges.
4. Vizsgálatunk alapján megállapítottuk, hogy jelentős különbség van a lófogú és a féllófogú hibridek ezerszemtömege és hektolitertömege között. Az ezerszemtömeg és a hektolitertömeg között negatív előjelű közepes erősségű korreláció volt magas megbízhatósági szint mellett.
5. A hibridek címerág számának kialakításában a nagyobb címerág számmal rendelkező szülő hatása érvényesült.
6. A címeralkotó elemeket összehasonlítottunk néhány mennyiségi jellemzővel Pearson-féle korrelációs együttható számítással. Megállapítottuk a tulajdonságok egymás közötti kapcsolatának erősségét és a kölcsönhatások irányát. Az általunk adaptált címer terület index (TAI) és a címer tömeg negatív előjelű közepes összefüggést mutatott a termés mennyiségével, a növénymagassággal és az

ezerszemtömeeggel magas megbízhatósági szinten. A tulajdonságok közötti korrelációk feltárásával prognosztizálni lehet a paraméterek megváltoztatása esetén a többi alakulását.

7. Meghatározásra került tizenhat sárga-, három vörös- és kilenc kék szemszínű kukorica genotípus vízoldható antioxidáns aktivitása. Megállapításaink szerint jelentős különbség van az egyes kukorica genotípusok vízoldható antioxidáns aktivitása között. A sárgaszemszínű kukorica genotípusok értékét nagyságrenddel meghaladták a különböző genetikai háttérrel rendelkező vörös és kék szemszínű kukoricafajták értékei.

9. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK

1. Morfológiai-, fehérje- és DNS- szinten végzett vizsgálataink újabb adatokat szolgáltatnak az indukált mutációval létrehozott vonalak sokoldalú értékeléséhez és heterózis vizsgálatokhoz.
2. Az indukált mutációval előállított beltenyésztett kukoricavonalakon végzett virágzásbiológiai és fenológiai- és minőségi vizsgálatok eredményei felhasználhatók új hibridek előállítás komponenseként
3. A címert felépítő elemek összefüggés-vizsgálata nagymértékben hozzájárulhat a hatékonyság növeléséhez a nemesítés és a vetőmag-előállítás folyamatában egyaránt.
4. A címeralkotó elemek közül a főcímerszár tömötségét és a címerágak számát döntő fontosságúnak ítéljük meg a keresztezési irány megválasztásának szempontjából. Javaslatunk szerint a tömöttebb – nagyobb számú kalászkákkal jellemezhető – főcímerággal és magasabb címerág számmal rendelkező vonalak apai szülőpartnerként történő felhasználása célszerűbb a hibridkombinációkban.
5. A címeralkotó elemek közül a főcímerszár tömötségét és a címerágak számát döntő fontosságúnak ítéljük meg a keresztezési irány megválasztásának szempontjából. Javaslatunk szerint a tömöttebb – nagyobb számú kalászkákkal jellemezhető – főcímerággal és magasabb címerág számmal rendelkező vonalak kívánatosak a hibridkombinációkban apai szülőkomponensként felhasználni.
6. A címeralkotó elemek és a vizsgált egyéb mennyiségi jellegek közötti kapcsolatok feltárását és a kölcsönhatások irányát közvetett szelekció formájában hasznosítani lehet a kukoricanemesítés folyamatában.
7. A vörös és kék szemszínű genotípusok nemesítése, a humán élelmiszeripari területen történő szélesebb felhasználása feltétlen javasolt. Az általunk használt – vas(III)-ion redukáló képességen alapuló (FRAP=Ferric Reducing Ability of Plasma) – módszer alkalmas különböző kukorica genotípusok vízoldható antioxidáns kapacitásának gyors és pontos mérésére. Az antioxidáns aktivitás mérések segítséget nyújthatnak a nemesítők, valamint a termesztők számára a megfelelő növényi anyag szelektálására, felhasználási célnak megfelelő genotípus céltermesztésére.

10. IRODALOMJEGYZÉK

1. ADOM K. K. - LIU R. H. (2002): Antioxidant activity of grains. J. Agric. Food Chem. 50:6182-6187. p.
2. AGUIR M. A. - CARLINI-GARCIA A. L. - DA SILVA R. A. – SANTOS F. M. - GARCIA F. A. A. - DE SOUZA L. C. (2003): Combining ability of inbred lines of maize and stability of their respective single crosses. Scientia Agricola. 60:83-89. p.
3. AJMONE-MARSAN P. - CASTIGLIONI P. - FUSARI F. - KUIPER M. - MOTTO M. (1998): Genetic diversity and its relationship to hybrid performance in maize as revealed by RFLP and AFLP markers. Theoretical Applied Genetics. 96:219-227. p.
4. AJMONE-MARSAN P. - GORNI C. - CHITTÓ A. - REDAELLI R. - VAN WIJK R. – STAM P. - MOTTO M. (2001): Identification of QTLs for grain yield and grain-related traits of maize (*Zea mays* L.) using an AFLP map, different tester, and cofactor analysis. Theoretical Applied Genetics. 102:230-243. p.
5. ANDA A. - TÓBIÁS F. (1999): Egyedi kukoricalevél területének meghatározására szolgáló eljárások és műszerek összehasonlító elemzése. Növénytermelés. 48:55-67. p.
6. ANONIMOUS (2004): Prospect for use of induced mutagenesis methods for plant breeding in Vietnam. - <http://www.agroviet.gov.vn/en/stories/TinTiengAnh/AITraitsOfMorphology.asp> (2006, december 18.)
7. AULICINO B. M. - PALACIOS G. I. - PISCHEDDA G. - MAGOJA L. J. (1987): Effect of perennial teosinte introgression on maize tassel traits. Maize Genetics Newsletter. 61:64-65. p.
8. BÁLINT A. (1960): Sugárzásbiológiai módszerek alkalmazására növénytermelésben. Növénytermelés. 9:181-190. p.
9. BÁLINT A. (1996): A brief history of the theory, methodology and application of mutation research. Acta Agronomica Hung. 44. 1:93-107.p.
10. BÁNYAI J. - SZŰCS P. – KARSAI I. - MÉSZÁROS K. – KUTI CS. - LÁNG L. - BEDŐ Z. (2005): DNS szintű fajtaazonosítás búzában. In: XI.

- Növénynemesítési Tudományos Napok 2005. március 3-4. Szerk. Kertész, Z. MTA Budapest, 60. p.
11. BEDŐ Z. (2004): Mezőgazdasági technológiák fejlesztése és a genetikailag módosított (GM) növények. In: Genetikailag módosított élelmiszerek társadalmi fogadtatása c. workshop kiadványa (2004/11/26). KRE-MTA TK Budapest, 6-16. p.
 12. BENZIE F. F. I. - STRAIN J. J. (1996): The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of „Antioxidant Power”: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*. 239:1:70-76. p.
 13. BERKE G. T. - ROCHEFORD R. T. (1999): Quantitative trait loci for tassel traits in maize. *Crop Science*. 39:1439-1443. p.
 14. BERZY T. - HEGYI ZS. - PINTÉR J. (2005): Összefüggések az eltérő szülőtörzseken előállított kukoricahibridek vetőmagminősége és termés paraméterei között. *Növénytermelés*. 54:159-167. p.
 15. BETRÁN J. F. – BOCKHOLT J. A. - ROONEY W. L. (2003): Blue corn. In: Specialty corns. Second Edition, Szerk. HALLAUER R. A., CRC Press LLC, Boca Raton. 293-301. p.
 16. BOCZ E. (1992): A kukorica származása, morfológiája, elterjedése. In: Szántóföldi növénytermesztés. Szerk. BOCZ E., Mezőgazda Kiadó, Budapest 365-368. p.
 17. BÓDI Z. - BORBÉLY M. - PEPÓ P. - GYŐRI Z. (2006 a) Preliminary data of chemical contents and thousand kernel weight in special and conventional maize. *Cereal Research Communications*. 34:1:413-416. p.
 18. BÓDI Z. - BORBÉLY M. - PEPÓ P. - GYŐRI Z. (2006 b) Előzetes adatok eltérő szemszínű kukoricák minőségi jellemzőiről. XII. Növénynemesítési Tudományos Napok, MTA, Összefoglalók, Szerk. VEISZ O., Budapest, 80. p.
 19. BÓDI Z. – PEPÓ P. (2006): A dísz- és kékkukoricafajták termesztése és nemesítési lehetőségei. *Acta Agraria Debreceniensis*. 23:15-19. p.
 20. BÓDI Z. - PEPÓ P. (2007): Trends of pollen production and tassel area index in yellow lines, hybrids and blue corn landraces. *Cereal Research Communication*. 35:277-280. p.
 21. BÓDI Z. - TÓTH SZ. (2005): Importance of genetic diversity in sustainable maize breeding. Sustainable agriculture across borders in Europa. Nemzetközi Tudományos Konferencia, Debrecen-Oradea. 119-121. p.

22. BÓDI Z. (2005): A genetikai változatosság szerepe a kukoricanemesítésben. Tavaszi Szél 2005. május 5-8. Konferencia kiadvány, Debrecen, 437. p.
23. BÓDIS L. - HESZKY L. - MATÓK GY. (2004): A GM növények hatása a biodiverzitásra, a genetikai variabilitás további szűkülése és a sebezhetősége növekedése. In: Géntechnológia és termékbiztonság OMMI kiadvány, Budapest, 48-49. p.
24. BOGDÁN Jné. - GASZTONYI K. - GÁBOR Mné. (1992): Élelmiszer-kémia 1. Szerk. GASZTONYI K. - LÁSZTITY R., Mezőgazda Kiadó, Budapest. 5-200. p.
25. BÓNA L. - HAJÓS GY. - SZABÓ E. - KISBOCSKÓI N. - DAOOD H. - ÁCSNÉ BOZÓKY E. (2006): Antioxidánsok a gabonában. XI. Növénynevelési Tudományos Napok. MTA. Szerk. VEISZ O., Budapest, 61. p.
26. BONEA D. - URECHEAN V. (2003): Reciprocal cross effects for grain yield and content of raw protein in the maize grain. Maize Genetics Newsletter. 77:67. p.
27. BRACK-EGG A. (1999): Diccionario Enciclopédico de Plantas Útiles del Perú. Cuzco, Peru: Imprenta del Centro Bartolomé de Las Casas. 537-538. p.
28. BRIDLE P. – TIMBERLAKE F. C. (1997): Anthocyanins as natural food colours – selected aspects. Food Chemistry. 58:1-2:103-109. p.
29. BUREN L. L. - MOCK J. J. - ANDERSON I. C. (1974): Morphological and physiological traits in maize associated with tolerance to high plant density. Crop Science. 14:426-429. p.
30. BUROW D. M. - COORS G. J. (1994): Diallel: a microcomputer program for the simulation and analysis of diallel crosses. Agronomy Journal. 86:154-158. p.
31. CAMUSSI A. - SPAGNOLETTI ZEULI L. P. - MELCHIORRE P. (1983): Numerical taxonomy of Italian maize populations: genetic distances on the basis of heterotic effects. Maydica. 28:411-424. p.
32. CAMUSSI A. - OTTAVIANO E. - CALINSKI T. - KACZMAREK Z. (1985): Genetic distances based on quantitative traits. Genetics. 111:945-962. p.
33. CARVALHO P. V. - RUAS F. C. – FERREIRA M. J. - MOREIRA P. M. R. - RUAS M. P. (2004): Genetic diversity among maize (*Zea mays* L.) landraces assessed by RAPD markers. Genetics and Molecular Biology. 27:228-236. p.

34. CASTIGLIONI P. - AJMONE-MARSAN P. - VAN WIJK R. - MOTTO M. (1999): AFLP markers in a molecular linkage map of maize: codominant scoring and linkage group distribution. *Theoretical Applied Genetics*. 99:425-431. p.
35. CHERES M. - MILLER J. - RANE J. - KNAPP S. (2000): Genetic distances as a predictor of heterosis and hybrid performance within and between heterotic groups in sunflower. *Theoretical Applied Genetics*. 100:889-894. p.
36. COLLINS F.W. (1986): Oat phenolics: structure, occurrence, and function. In: *Oats: Chemistry and Technology*. Szerk. WEBSTER F., AACC, St. Paul, MN. 227-295. p.
37. CSIZMADIA L. (2001): Diallél keresztezés. In: *Növénygenetika*. Szerk.: Velich, I. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 205. p.
38. DÁNIEL L. (1964): A szelekció biometria alapjai. *Növénytermelés*. 13:369-380. p.
39. DÁNIEL L. (1966): Mennyiségi tulajdonságok öröklődése. *MTA Biol. Oszt. Közl.* 9:43-44. p.
40. DÁNIEL L. (1973): Methoden dialleler Analysen der quantitativen Merkmale und Eigenschaften der Pflanzen. *Acta Universitatis Agriculturae Sbroník Vysoké školy zemědělské v Brně, Ročník XXI, Číslo 2*:413-426. p.
41. DÁNIEL L. - BAJTAY I. (1975): Néhány mennyiségi tulajdonság alakulása 11 csemegekukorica (*Zea mays L. convar. Saccharata* Koern.) beltenyésztett törzs diallél keresztezésében. *Növénytermelés*. 24:285-294.
42. DE FREITAS L. R. A. - GANANCA F. - DOS SANTOS T. M. - DE CARVALHO M. A. A. P. - MOTTO M. - VIEIRA M. C. (2005): Evaluation of maize germplasm based on zein polymorphism from the Archipelago of Madeira. *Maydica*. 50:105-112. p.
43. DEL POZO-INSFRAN D. - BRENES H. C. - SERNA SALDIVAR O. S. - TALCOTT T. S. (2006): Polyphenolic and antioxidant content of white and blue corn (*Zea mays L.*) products. *Food Research International*. 39:696-703. p.
44. DIAZ DE LA GARZA R. - BUSTILLOS E. P. - IBAVE GONZALEZ J. L. (1999): Structural elucidation and quantification of natural pigments present in blue and red corn kernels. *Proc. 1st Int. Cong. on Pigments in Food Technology*, Seville, 127-137. p.

45. DICKERSON G. W. (1998): Blue corn production and marketing in New Mexico. College of Agriculture and Home Economics, New Mexico State University, http://www.cahe.nmsu.edu/pubs/_h/h-226.htm (2006. december 18.)
46. DICKERSON G. W. (2003): Nutritional analysis of New Mexico blue corn and dent corn kernels. College of Agriculture and Home Economics, New Mexico State University, http://www.cahe.nmsu.edu/pubs/_h/h-226.htm (2006. december 18.)
47. DILLMANN C. - BAR-HEN A. - GUÉRIN D. - CHARCOSSET A. - MURIGNEUX A. (1997): Comparison of RFLP and morphological distances between maize *Zea mays* L. inbred lines. Consequences for germplasm protection purposes. Theoretical Applied Genetics 95:92-102. p.
48. DORSEY-REDDING C. – HURBURGH C. R. – JOHNSON L. A. – FOX S.R. (1991): Relationships among maize quality factors. Cereal Chem. 68:602-605. p.
49. DUVICK D. N. (1997): What is yield? In: Developing drought- and low N-tolerant maize. Proceedings of a Symposium (Ed.: EDMEADES, O. G.) CYMMYT, 25-29 March 1996, Mexico, D.F. 332-335. p.
50. EL HALLOF N. - SÁRVÁRI M. (2006): Effect of different fertilizer doses on yield, LAI and photosynthetic activity of maize hybrids. Cereal Research Communications. 34:441-444. p.
51. ERRERA M. (1957): Effets biologiques des radiations aspects biochimiques. Phytoplasmatologia. 10:1-24. p.
52. ESEN, A. (1987): A proposed nomenclature for alcohol-soluble proteins (zeins) of maize (*Zea mays* L.). J. Cereal Sci. 5:117-128. p.
53. ESPÍN C. J. – SOLER-RIVAS C. - WICHES J. H. - GARCÍA-VIGUERA C. (2000): Anthocyanin-based natural colorant: A new source of antiradical activity for foodstuff. J. Agric. Food Chem. 48:1588-1592. p.
54. FALCONER D. S. (1964): Introduction to quantitative genetics 2nd. Ronald Press, New York, 365. p.
55. FIMOIGNARI C. - BERTI F. - NÜSSE M. - CANTELLI-FORTI G. - HREILA P. (2004): Induction of apoptosis in two human leukemia cell lines as well as differentiation in human promyelocytic cells by cyanidin-3-O-glucopyranoside. Biochemical Pharmacology. 67:2047-2056. p.

56. FLEMING A. A. – KOZELNICZKY G. M. – BROWNE E. B. (1960): Cytoplasmic effects on agronomic characters in double cross maize hybrid. *Agronomy Journal*. 52:21-25. p.
57. FONSECA A. E. - WESTGATE M. E. - GRASS L. - DORNBOS D. L., Jr. (2003): Tassel morphology as an indicator of potential pollen production in corn. Online. *Crop Management* doi:10.1094/CM-2003-0804-01-RS. (2004. június 23).
58. FORREST T. (2001): Temperate corn – background, behaviour, and breeding. In: *Specialty corns*, Second edition, Szerk.: HALLAUER R. A., CRC Press, Boca Raton. 1-400. p.
59. FRANKE G. (1994): *Nutzpflanzen der Tropen und Subtropen. Band 2. Spezieller Pflanzenbau*. Eugen Ulmer GmbH és Co. Stuttgart. 1-200. p.
60. FRUNCE I. I. – GARBUR I. V. (1989): Pollen production of paternal forms. *Kukuruza is Sorgo*. 1:38-39. p.
61. FÜREDI J. - FRANK J. (1981): Napraforgó vonalak kombinálódóképességének vizsgálata és a kombinációk genetikai elemzése Griffing-módszerrel. *Növénytermelés*. 30:289-300. p.
62. FVM.hu (2006a): Az intervenciós kukorica minőségi követelményeinek módosítása.
<http://www.fvm.hu/main.php?folderID=847&articleID=9489&ctag=articlelist&iid=1> (2007. január 5.)
63. FVM.hu (2006b): A kukorica fajsúlymérési módszere.
<http://www.fvm.hu/main.php?folderID=2008&articleID=9636&ctag=articlelist&iid=1> (2007. január 5.)
64. GÁBOR E. - PETRÓCZI M. I. - TANÁCS L. (2006): Antioxidant activity of wheat grains. *Cereal Research Communications*. 34:1255-1260. p.
65. GENOVA I. - GENOV M. (1995a): Genetic and breeding evaluation of midlate mutant maize lines. *Rasteniew "dni Nauki*. 32:41-43. p.
66. GENOVA I. - GENOV M. (1995b): Breeding evaluation of midearly mutant maize lines. *Rasteniiev "dni-Nauki*. 32: 1-2. 108-110. p.
67. GERALDI I. O. - MIRANDA FILHO J. B. - VENCOVSKY R. (1978): Prospects of breeding maize (*Zea mays* L.) with reference to tassel characters. Abstracts, 30th annual reunion. *Brazilien Society for Scientific Progress*. 30:533-534. p.

68. GERALDI I. O. - MIRANDA FILHO J. B. - VENCOVSKY R. (1985): Estimates of genetic parameters for tassel characteres in maize (*Zea mays* L.) and breeding perspectives. *Maydica*. 30:1-14. p.
69. GOODMAN M. M. – PATERNIANI E. (1969): The races of maize: III. Choices appropriate characters for racial classification. *Economy Botany*. 23:265-273. p.
70. GRIFFING B. (1956): Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*. 9:63-492. p.
71. GUSTAFSSON Å. - WETTSTEIN D. (1958): Mutationen und Mutationszüchtung. In: *Handb. der Pflanzenzücht. Band. I. Grundlagen der Pflanzenzüchtung*. Szerk.: KAPPERT H. - RUDORF W., Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg. 612-699. p.
72. GYENESNÉ HEGYI ZS. - KIZMUS L. - NAGY E. - MARTON L. CS. (2001a): Kukorica (*Zea mays* L.) címerágak számának és az egyedi produkciónak vizsgálata eltérő ökológiai körülmények között. II. Növénytermesztési Tudományos Nap, *Proceedings*, Szerk. PÉPÓ P.-JOLÁNKAI M., Budapest 185-191 p.
73. GYENESNÉ HEGYI ZS. - KIZMUS L. - ZÁBORSZKY S. - MARTON L. CS. (2001b): A kukorica fehérje- és olajtartalmának, valamint ezerszemtömegének alakulása eltérő ökológiai körülmények között. *Növénytermelés*. 50:385-394. p.
74. GYENESNÉ HEGYI ZS. - PÓK I. - ILLÉS O. - SZŐKE CS. - KIZMUS L. - MARTON L. CS. (2002a): A termőhely, a tőszám és az évjárat hatása a kukoricahibridek termésелеmeire. *Növénytermelés*. 50:425-435. p.
75. GYENESNÉ HEGYI ZS. - PÓK I. - KIZMUS L. - ZSUBORI Z. - NAGY E. - MARTON L. CS. (2002b): Plant height and height of the main ear in maize (*Zea mays* L.) at different locations and different plant densities. *Acta Agronomica Hungarica*. 50:75-84. p.
76. GYŐRI Z. - GYŐRINÉ MILE I. (2002): A kukorica minősége és feldolgozása. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.
77. HADI G. (2005): Idegen termékenyülő növények nemesítése. Növénygenetikai és Növénynemesítési szakmérnöki előadás, Martonvásár.
78. HAJÓSNÉ NOVÁK M. - DALLMANN G. - NAGY H. A. (1996): A genetikai variabilitás vizsgálata W 117 S₁₈ tetraploid kukorica vonalakban. *Növénytermelés*. 45:325-326. p.

79. HAJÓSNÉ NOVÁK M. (1999): Genetikai variabilitás a növénynemesítésben. Molekuláris diagnosztika. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 128.
80. HEGYI ZS. (2003): A termőhely és a tőszám hatása különböző rokonsági körökbe tartozó beltenyésztett kukorica törzsek és hibridjeik tulajdonságaira eltérő évjáratokban. Doktori Ph.D. értekezés, SZIE, Gödöllő.
81. HEGYI ZS. - SPITKÓ T. - PINTÉR J. (2005a): Effect of location and year on some agronomical characters of maize hybrids. *Acta Agronomica Hungarica*. 53:251-259. p.
82. HEGYI ZS. - SPITKÓ T. – SZŐKE C. – RÁCZ F. – BERZY T. – PINTÉR J.-MARTON L. C. (2005b): Studies on the adaptability of maize hybrids under various ecological conditions. *Cereal Research Communications*. 33:689-696. p.
83. HIDVÉGI SZ. – RÁCZ F. – SZÖLLŐSI G. (2005): Relationship between the viability of maize-pollen and the fertilization. *Cereal Research Communications*. 33:121-125. p.
84. HIDVÉGI SZ. – RÁCZ F. – TÓTH Z. - NÁNDORI S. (2006): Relationship between the viability of maize-pollen and quantity of crop. *Cereal Research Communications*. 34:1:477-480. p.
85. HILLIARD H. J. - DAYNARD B. T. (1974): Starch content, test weight, and other quality parameters of corn produced in different maturity areas of Ontario. *Crop Science*. 14:546-548. p.
86. JOHNSON D. L. - JHA N. M. (1993): Blue corn. In: *New crops*. Eds.: Janick, J.-Simon, J.E. Wiley, New York. 1-45. p.
87. JOHNSON D. Q. - RUSSEL W. A. (1982): Genetic variability and relationships of physical grain quality traits in BSSS population of maize. *Crop Science*. 22:805-809. p.
88. JONES K. (2005): The potential health benefits of purple corn. *HerbalGram*. 65:45-49. p.
89. KHEHRA S. A. - BHALLA K. S. (1976): Cytoplasmic effects on some agronomic characters in backcross maize hybrids. *Theoretical and Applied Genetics*. 47:271-274. p.
90. KIRLEIS A. W. - STROSHINE R.L. (1990): Effects of hardness and drying air temperature on breakage susceptibility and dry-milling characteristics of yellow dent corn. *Journal of Cereal Chemistry*. 67:523-529. p.

91. KISS E. (1999): Növényi molekuláris genetika I. (egyetemi jegyzet) GATE Gödöllő, 102. p.
92. KONG J. M. – CHIA L-S. – GOH N. K. – CHIA T. F. – BROUILLARD R. (2003): Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*. 64:923-933. p.
93. KOVÁCS G. – SUTKA J. - BÁLINT A. (1981): Őszi búzafajták gibberellinsav érzékenységének vizsgálata diallél analízissel. *Növénytermelés*. 30:391-397. p.
94. KOVÁCS I. (1963): Reciprok anyai egyszerez keresztezés hatása a hibridkukorica termőképességének alakulására. *Növénytermelés*. 12:425-438. p.
95. KOVÁCS G. (2000): A kék kukorica – egy ősi kukorica – termesztésének jelenlegi helyzete és perspektívái. *Növénytermelés*. 49:421-429. p.
96. LAMBERT R. J. - JOHNSON R. R. (1977): Leaf angle, tassel morphology, and the performance of maize hybrids. *Crop Science*. 18:499-502. p.
97. LÁNG L. (2006): A diverzitás mértéke és értékelése a búzatermesztésben és a nemesítésben. MTA Doktori disszertáció értekezései, Budapest.
98. LAW J. R. - COOKE R. J. - REEVES J. C. - DONINI P. - SMITH J. S. C. (1999): Most similar variety comparisons as a grouping tool. *Plant varieties and seeds*. 12:181-190. p.
99. LAWTON W. J. – WILSON M. C. (2003): Proteins of the kernel. – In: *Corn chemistry and technology*. Szerk.: WHITE J. P. - JOHNSON L. A. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, 326. p.
100. LAZÁNYI J. (1983): Két- és háromvonalas takarmánycirok hibrid kombinációk produkciógenetikája és vetőmagtermesztése. Kandidátusi értekezés, Karcag.
101. LÁZÁR L. - PUSKÁS Á. - VERESS Z. (1998): A kukorica DUS-vizsgálata és jellemző tulajdonságai. *Növénytermelés*. 47:25-32. p.
102. LEFORD D. R. - RUSSEL W. A. (1985): Evaluation of physical grain quality in BS17 and BS1(HS)C1 synthetics of maize. *Crop Science*. 25:471-476. p.
103. LI X. - ZHANG Y. (2002): Reverse genetics by fast neutron mutagenesis in higher plants. *Funct. Integr. Genomics*. 2:254–258. p.
104. LI Z. - SHU-TING D. – CUN-HUI L. – KONG-JUN W. – JI-WANG Z. – PENG L. (2007): Correlation analysis on maize test weight, yield and quality. *Scientia Agricultura Sinica*. 40:405-411. p.

105. LINNERT G. - MICKE A. (1997): Mutagenese. In: Lehrbuch der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Szerk.: ODENBACH W. Paul Parey Verlag, Berlin. 218-229. p.
106. LUGASI A. – HÓVÁRI J. (2000): Flavonoid aglycons in foods of plant origin I. Vegetables. *Acta Alimentaria*. 29:345-352. p.
107. LUGASI A. – TAKÁCS M. (2002): Flavonoid aglycons in foods of plant origin II. Fresh and dried fruits. *Acta Alimentaria*. 31:63-71. p.
108. LÜBBERSTEDT T. - MELCHINGER A.E. - DUßLE C. - VUYLSTEKE M. – KUIPER M. (2000): Relationships among early European maize inbreds. *Crop Science* 40:783-791. p.
109. MACHADO A. T. - PEREIRA M. B. - PEREIRA M. E. – MACHADO C. T. T. - MÉDICE L. E. (1998): Avaliação de variedades locais melhoradas de milho em diferentes regiões do Brasil. In: *Conservação e Uso da Biodiversidade*. Szerk. MILHO C., AS-PTA, Rio de Janeiro, 93-106. p.
110. MAKSIMOVIĆ Z. - MALENČIĆ Đ. - KOVAČEVIĆ N. (2005): Polyphenol contents and antioxidant activity of *Maydis stigma* extracts. *Bioresource Technology*. 96:873-877. p.
111. MALUSZYNSKI M. - NICTERLEIN K. - ZANTEN VAN L. - AHLOOWALIA B. S. (2000): Officially released mutant varieties-The FAO/IAEA database. *Mutation Breeding Review*. 12. 1-82. p.
112. MÁNDY Gy. (1963): Szántóföldi növények nemesítése táblázatokban. Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest 48. p.
113. MARÁZ A.-né. – PEPÓ P. - TÓTH SZ. (1993). Kukoricavonalak és populációk variabilitásának növelése mutációs úton. Növénynemesítési Tudományos Napok, MTA, Szerk. HESZKY L., Budapest. 63. p.
114. MARTON L. CS. - SZUNDY T. - HADI G. - PINTÉR J. (2005): A kukorica alkalmazkodóképességének javítása folytatott szelekció gyakorlati eredményei Martonvásáron. In: *Kukorica hibridek adaptációs képessége és termésbiztonsága*. Szerk. NAGY J., Debreceni Egyetem ATC, Debrecen Center-Print Kft. 139-146. p.
115. MARTON L. CS. (2002): Kukoricahibridek termése, tenyészideje és szárszilárdsága. MTA doktori értekezés, MGKI, Martonvásár.
116. MATSUMOTO M. - HARA H. - CHIJI H. - KASAI T. (2004): Gastroprotective effect of red pigments in black chokeberry fruit (*Aronia melanocarpa* Elliot) on

- acute gastric hemorrhagic lesions in rats. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 52:2226-2229. p.
117. MATUZ J. (1976): Heterózis és kombinálódó képesség vizsgálatok őszi búzafajtákban Doktori értekezés. Gödöllő.
 118. MAURIA S. (2000): DUS testing of crop varieties – a synthesis on the subject for new PVP-opting countries. *Plant varieties and seeds*. 13:69-90. p.
 119. MAZIYA-DIXON B. B. - KLING G. J. - OKORUWA E. A. (2000): Physical, chemical, and water absorption characteristics of tropical maize hybrids. *African Crop Science Journal*. 8:4:419-428. p.
 120. MENYHÉRT Z. (1979): A hibridek kiválasztása termesztésre. In: *Kukoricáról a termelőknek*. Szerk.: MENYHÉRT Z., Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 130. p.
 121. MESSMER M. M. - MELCHINGER A. E. - BOPPENMAIER J. - BRUNKLAUS JUNG E. - HERRMANN R. (1992): Relationships among early European maize inbreds: I. Genetic diversity among flint and dent lines revealed by RFLPs. *Crop Science*. 32:1301-1309. p.
 122. MESSMER M. M. - MELCHINGER A. E. - HERRMANN R. - BOPPENMAIER J. (1993): Relationships among early European maize inbreds: II. Comparison of pedigree and RFLP data. *Crop Science*. 33:944-950. p.
 123. MILLER E. H. - RIGELHOF F. - MARQUART L. - PRAKASH A. - KANTER M. (2000): Antioxidant content of whole grain breakfast cereals, fruits and vegetables. *Journal of the American college of Nutrition*. 19:3:312-319. p.
 124. MILLER G. - PRAKASH A. – DECKER E. (2002): Whole-grain micronutrients. In: *Whole-grain foods in health and disease*. Szerk. MARQUART L. - SLAVIN L. J. – FULCHER G., AACC, St. Paul, Minnesota, U.S.A. 1-250. p.
 125. MOCK J. J. - SCHUETZ H. S. (1974): Inheritance of tassel branch number in maize. *Crop Science*. 14:885-888. p.
 126. MOHAY J (1986): Diallél keresztezési rendszer, *Genetika Kislexikon*, Natura Kiadó, Budapest 40. p.
 127. MÓRA V. (2004): A GMO-k fogadtatása a környezetvédelmi szervezeteknél. - In: *Genetikailag módosított élelmiszerek társadalmi fogadtatása c. Workshop kiadványa* (2004/11/26). KRE-MTA TK Budapest, 40-47. p.

128. MORENO Y. S. - SÁNCHEZ G. S. - HERNÁNDEZ D. R. - LOBATO N. R. (2005): Characterization of anthocyanin extracts from maize kernels. *J. Chromatogr. Sci.*, 43:483-487. p.
129. MSZ 12540:1998 (1998): Morzsolt kukorica minőségi követelményei takarmányozási célra.
130. NAGY E. - GYULAI G. - MARTON L. CS. (2000): Kukorica beltenyésztett törzsek jellemzése genetikai markerekkel. *Növénytermelés.* 49:587-597. p.
131. NAGY E. - GYULAI G. G. - SZABÓ Z. - HEGYI Z. - MARTON L. CS. (2003): Application of morphological descriptions and genetic markers to analyse polymorphism and genetic relationships in maize (*Zea mays* L.). *Acta Agronomica Hungarica.* 51:257-265. p.
132. NAGY E. - MARTON L. CS. (2005): Rokonsági körök vizsgálata kukoricában genetikai markerekkel. *MTA MGKI Közleményei. Martonvásár.* 1:18-19. p.
133. NAGY I. (1999): Továbbfejlesztett PCR-alapú polimorfizmus-vizsgálati technikák. *Növénytermelés.* 48:421-434. p.
134. NAGY L. (1982): A termőképesség, valamint néhány értékmérő tulajdonság vizsgálata eltérő tenyészidejű kukorica törzsekkel előállított egyszeres keresztezésű reciprok hibrideknél. *Növénytermelés.* 31, 1:11-20. p.
135. NAGY L. (1985): Korai kukorica reciprok egyszeres keresztezések összehasonlító vizsgálata. *Növénytermelés.* 34:307-312. p.
136. NESZMÉLYI A. (1997): Kukoricahibridek identifikálása „PAGE”-módszer alkalmazásával. *Diplomadolgozat DATE, Debrecen.* 1-50. p.
137. NESZMÉLYI K. (2002): Biológiai alapok szerepe a mezőgazdasági innováció folyamatában. In: *Innováció, a tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumában Plenáris ülés.* Szerk. JÁVOR A. Debrecen, 18-34. p.
138. NETO R. A. - NASS L. L. - de MIRANDA FILHO B. J. (1997): Potential of twenty exotic germplasms to improve Brazilian maize architecture. *Brazilien Journal of Genetics.* 20. 4:, doi: 10.1590/S0100-84554997000400022
139. OBILANA A. T. – HALLAUER A. R. (1974): Estimation of variability of quantitative traits in BSSS by using unselected maize inbred lines. *Crop Science.* 14:99-103. p.
140. OLIVEIRA K. M. - LABORDA P. R. - GARCIA A. A. F. - ZAGATTO PATERNIANI M. E. A. G. - SOUZA A. P. (2004): Evaluating genetic

- relationships between tropical maize inbred lines by means of AFLP profiling. *Hereditas*. 140: 24-33. p.
141. PALAVERŠIĆ B. - BREKALO J. - BUHINIČEK I. - ROJC M. (1992): Control of maize stalk rot through breeding. *Agronomski glasnik*. 54:401-418. p.
 142. PALAVERŠIĆ B. - PARLOV D. - TOMIČIĆ B. - BUHINIČEK I. (1995): Diallel analysis of maize resistance to *Fusarium* stalk rot. - International Seminar on *Fusarium* - Mycotoxins, Taxonomy and Pathogenicity. *Fusarium, Mycotoxins, Taxonomy and Pathogenicity - Book of Abstracts Szerk.: VISCONTI A., Martina Franca, Italia* 138. p.
 143. PASCUAL-TERESA D. S. – SANTOS-BUELGA C. - RIVAS-GONZALO C. J. (2002): LC-MS analysis of anthocyanins from purple corn cob. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 82:1003-1006. p.
 144. PASSWATER R. A. (1999): Fókuszban az antioxidánsok. *Alexandra Kiadó, Pécs*. 1-80. p.
 145. PATERNIANI E. (1981): Influence of tassel size on ear placement in maize (*Zea mays* L.). *Maydica*. 26:85-91. p.
 146. PAULSEN R. M. - HILL L. D. (1985): Corn quality factors affecting dry milling performance. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 31:3:255-263. p.
 147. PAULSEN R. M. - WATSON A. S. - SINGH M. (2003): Measurement and Maintenance of corn quality. In: *Corn chemistry and Technology*. Szerk.: WHITE J. P. - JOHNSON A. L., Second Edition, AACC Inc. St. Paul, Minnesota, 12-560. p.
 148. PÁSZTOR K. (1994): Az alapanyag növelésének genetikai lehetőségei és nehézségei kukoricánál. A Magyar Genetikusok Egyesülete III. Konferenciája. Szerk.: BÍRÓ S., Debrecen. 141. p.
 149. PEDRYC A. (2001): A populációgenetika. In: *Növénygenetika*. Szerk.: VELICH I., Mezőgazda Kiadó, Budapest.
 150. PEJIC I. - AJMONE-MARSAN P. - MORGANTE M. - KOZUMPLICK V. - CASTIGLIONI P. - TARAMINO G. - MOTTO M. (1998): Comparative analysis of genetic similarity among maize inbred lines detected by RFLPs, RAPDs, SSRs, and AFLPs. *Theor. Appl. Genet.* 97:1248-1255. p.
 151. PEPLINSKI A.J. - BREKKE O.L. - GRIFFIN E.L. - HALL G. - HILL L. D. (1975): Corn quality as influenced by harvest and drying conditions. *Cereal*

- Foods World. 20:145-154. p.
152. PEPLINSKI J. A. - PAULSEN R. M. - ANDERSON A.R. - KWOLEK F. W. (1989): Physical, chemical, and dry-milling characteristics of corn hybrids from various genotypes. *Cereal Chemistry*. 66:2:117-120. p.
 153. PEPÓ P. - PÁSZTOR K. - PALIJ A. F. - PEPÓ P. (1989): Kukorica mutánsvonalak genetikai analízise. *Növénytermelés*. 38:193-199. p.
 154. PEPÓ P. - PEPÓ P. (1993): Biological background of sustainable maize (*Zea mays* L.) production. *Landscape and Urban Planning*. 27. 179-184. p.
 155. PEPÓ P. - TÓTH SZ. - OSKOLÁS H. (2004): A kukorica (*Zea mays* L.) elemtartalmának változása a tenyésztő során. *Növénytermelés*. 53:317-327. p.
 156. PEPÓ P. - TÓTH SZ. (2004): Kukoricagénbank előállítása mutációval. *Növénytermelés*. 53:253-262. p.
 157. PEPÓ P. (2004): Using new methods in conventional breeding of maize (*Zea mays* L.). *Cereal Research Communications*. 32:485-491. p.
 158. PEPÓ P. – ZSOMBIK L. – VAD A. – BERÉNYI S. (2007) A kritikus agrotechnikai tényezők elemzése a kukoricatermesztésben. *Agrofórum extra*. 17:5-6. p.
 159. PINTÉR J. – HORVÁTH E. - MARTON L. CS. - SZUNDY T. - HADI G. - KÉKESI M. - JANDA T. - TÓTH Z. - PÁLDI E. (2003): UV-B sugárzás hatása beltenyésztett kukorica (*Zea mays* L.) vonalakra. In: 50 éves a Magyar hibrid kukorica MTAMK, Szerk. MARTON, L. CS. - ÁRENDÁS, T., Martonvásár, 259-263. p.
 160. PLATE A. Y. A. - GALLAHER D. D. (2005): The potential health benefits of corn components and products. *Cereal Foods World*. 50:6:305-314. p.
 161. POLLMER G. W. - KLEIN D. - DHILLON S. B. (1978): Differences in reciprocal crosses of maize inbred lines diverse for protein content. *Euphytica*. 28:325-328. p.
 162. POMERANZ Y. - CZUCHAJOWSKA Z. - MARTIN C. R. - LAI F.S. (1985): Determination of corn hardness by the Stenvert hardness tester. *Cereal Chemistry*. 62:108-112. p.
 163. POMERANZ Y. – HALL G. E. – CZUCHAJOWSKA Z. – MARTIN C. R. – LAI F. S. (1986): Test weight, hardness, and breakage susceptibility of yellow dent corn hybrids. *Cereal Chem*. 63:349-351. p.

164. RÁCZ F. - HIDVÉGI SZ. - HADI G. – SZŐKE CS. - MARTON CS. L. (2006a): Pollen production of inbred corn lines. XXth International Conference of the EUCARPIA Corn and Sorghum Section, Szerk. MARTON L. CS., Budapest, Book of abstract, 111. p.
165. RÁCZ F. - HIDVÉGI SZ. - ZÁBORSZKY S. - PÁL M. - MARTON CS. L. (2006b): Pollen production of new generation inbred corn lines. Cereal Research Communications. 34:1:633-636 p.
166. RADY F. – NAGY M. (1996): A genetikai azonosság és a genetikai különbözőség helyzete a hibridkukorica vetőmagtermesztésében. Növénytermelés. 45:399-403. p.
167. RADY S. (2005): Újabb nemesítési célkitűzések és megvalósításuk eddigi eredményei a Kiskun Kutatóközpontban. XI. Növénynemesítési Tudományos Napok, MTA, Szerk. KERTÉSZ Z., Budapest, 36. p.
168. RADY S. (2006): Magas olajtartalmú és piros endospermiumú Kiskun kukoricahibrid előállításának folyamata és eredményei. XII. Növénynemesítési Tudományos Napok, MTA Szerk. VEISZ O., Budapest, 41. p.
169. RÉDEI P.GY. (1987): Genetika. Mezőgazdasági Kiadó, Gondolat, Budapest. 18. p.
170. RINCON F. – JOHNSON B. – CROSSA J. – TABA S. (1996): Cluster analysis, an approach to sampling variability in maize accessions. Maydica. 41:307-316. p.
171. ROCHEFORD R. T. - WONG C. J. - EGESEL O. C. - LAMBERT J. R. (2002): Enhancement of vitamin E levels in corn. Journal of the American College of Nutrition. 21:3:191-198. p.
172. ROONEY L. W. - SERNA-SALDIVAR O. S. (2003): Specialty corns. In: Corn chemistry and technology. Ed.: White, J. P.-Johnson, L. A. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Second edition. 389-523. p.
173. RUSSEL W. A. (1976): Genetic effects and genetic effect x year interactions at three gene loci in sublines of a maize inbred line. Can. J. Gen. Cytol., 18:23-33. p.
174. SÁRVÁRI M. – EL HALLOF N. – MOLNÁR ZS. (2007): A tőszám hatása a kukoricahibridek termésére. Agrofórum extra. 17:7-9. p.

175. SCHUETZ H. S. - MOCK J. J. (1978): Genetics of tassel branch number in maize and its implications for a selection program for small tassel size. *Theoretical and Applied Genetics*. 53:265-271. p.
176. SCHUT J. W. - QI X. - STAM P. (1997): Association between relationship measures based on AFLP markers, pedigree data and morphological traits in barley. *Theoretical Applied Genetics*. 95:1161-1168. p.
177. SIPOS P. - PIUKOVICS L. (2006): Új kihívások – Pioneer válaszok. *Agrárunió*. 12-1:16-17. p.
178. SMITH C. S. - MOCK J. J. - CROSBIE T. M. (1982): Variability for morphological and physiological traits associated with barrenness and grain yield in the maize population, Iowa Upright Leaf Synthetic n. 1. *Crop Science*. 22:828-832. p.
179. SMITH J. S. C. - SMITH O. S. (1988): Comparisons of zein profiles from inbred F1 and F2 generations of maize as revealed by reversed phase high-performance chromatography. *Theoretical Applied Genetics*. 76:244-252. p.
180. SMITH J. S. C. - SMITH O. S. (1989 a): The description and assessment of distances between inbred lines of maize: I. The use of morphological traits as descriptors. *Maydica*. 34:141-150. p.
181. SMITH J. S. C. - SMITH O. S. (1989 b): The description and assessment of distances between inbred lines of maize: II. The utility of morphological, biochemical, and genetic descriptors and a scheme for the testing of distinctiveness between inbred lines. *Maydica*. 34:151-161. p.
182. SPRAGUE G. F. - TATUM L. A. (1942): General vs specific combining ability in single crosses of corn. *Journal of the American Society of Agronomy*. 34:923-932. p.
183. SUTKA J. - BÁLINT A. (1971): Mutagének hatása a kukorica mennyiségi jellegeinek változékonyságára. *Növénytermelés*. 20:99-107. p.
184. SVÁB J. (1981): *Biometriai módszerek a kutatásban*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 85-417. p.
185. SZÉL S. (2006): Röviden a hektolitersúlyról. *IKR Magazin, Bábolna*, 29. p.
186. SZŐLLŐSI R. - VARGA SZŐLLŐSI I. (2002): Total antioxidant power in some species of Labiatae (Adaptation of FRAP method). *Acta Biologica Szegediensis*. 46:3-4:125-127. p.

187. SZUNICS L. - SZUNICS L. - SUTKA J. (1975): A búza általános és speciális kombinálódó képességének vizsgálata diallél keresztezésben. *Növénytermelés*. 24:1-9. p.
188. THOMPSON G. A. - LARKINS, B. A. (1989): Structural elements regulating zein gene expression. *BioEssays*. 10:108-113. p.
189. TÓTH SZ. – BÓDI Z. (2006): Indukált mutációval létrehozott kukoricagénbank a nemesítési alapanyagbázis növelésért. *Acta Agraria Debreceniensis*. 19:45-49. p.
190. TÓTH SZ. (2002): Kukorica transzgresszív mutánsok kiválogatása diallél analízissel. Ph.D. értekezés, Debrecen
191. TÓTHNÉ LŐKÖS K. - HESZKY L. (1994): Az általános kombinálódó-képesség, a fenotípusos érték és az örökölhetőségi értékszám kapcsolata borsófajták diallél kísérletében. *Növénytermelés*. 43:101-107. p.
192. TÓTHNÉ LŐKÖS K. - MOIENI A. - SARRAFI A. (1999): Néhány androgenetikus paraméter genetikai vizsgálata búza- (*Triticum aestivum* L.) vonalak diallél keresztezési kísérletben. *Növénytermelés*. 48:1-11. p.
193. TSUDA T. - HORIO F. - UCHIDA K. - AOKI H. - OSAWA T. (2003): Dietary Cyanidin 3-O- β -D-glucoside-rich purple corn color prevents obesity and ameliorates hyperglycemia in mice. *J. Nutr.* 133: 2125-2130. p.
194. UPADYAYULA N. - WASSON J. - BOHN O. M. - ROCHEFORD R. T. (2006): Quantitative trait loci analysis of phenotypic traits and principal components of maize tassel inflorescence architecture. *Theoretical Applied Genetics*. 113:1395-1407. p.
195. URIBELARREA M. - CÁRCOVA J. - OTEGUI M. E. - WESTGATE E. M. (2002): Pollen production, pollination dynamics, and kernel set in maize. *Crop Science*. 42:1910-1918. p.
196. VÁCZI D. (1978): A kukorica lehetőségei és gondjai. *Magyar Mezőgazdaság*, 33: 10. p.
197. VÁCZI D. (1979): Silókukorica fajtaellátottság, fajtakísérletek. *Magyar Mezőgazdaság*, Budapest. 34: 15-28. p.
198. VENCOVSKY R. – BARRIGA P. (1992): Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirao Preto, SBG, 496. p.

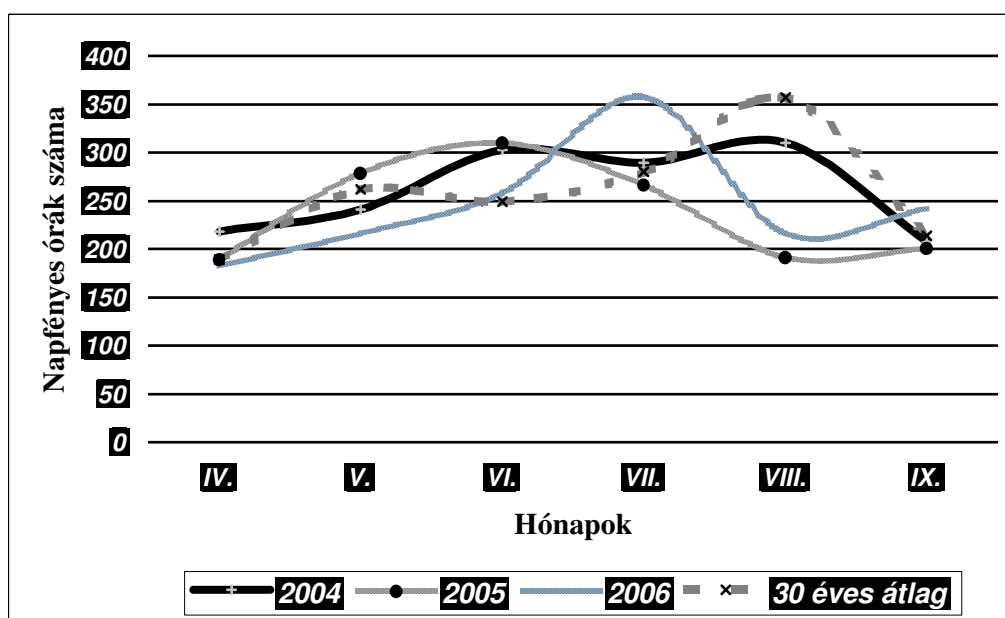
199. VERESS Z. - LÁZÁR L. (1997): A DUS-vizsgálatokban szereplő tulajdonság típusok vizsgálata a megkülönböztethetőség százalék módszerével kukorica (*Zea mays* L.) DUS-adatokkal. Növénytermelés. 46:401-411. p.
200. VERESS Z. - MATÓK GY. (1999): Hasonlósági csoportok a DUS-fajtaleírások alapján. Növénytermelés. 48:43-53. p.
201. VERESS ZS. – FÁRI M. G. (2004): Antioxidánsok a mezőgazdaságban. Acta Agraria Debreceniensis. 13:1-5. p.
202. VERESS ZS. - HOLB I. - NYÉKI J. - SZABÓ Z. - REMENYIK J. - FÁRI M. G. (2006): High antioxidant – and anthocyanin contents of sour cherry cultivars may benefit the human health: international and Hungarian achievements on phytochemicals. International Journal of Horticultural Science. 12:3:45-47. p.
203. VERESS ZS. – REMENYIK J.- NYÉKI J. - SZABÓ Z. - POPOVICS L. - HOLB I. - FÁRI M. G. (2005): A meggy (*Prunus cerasus*) bioaktív anyagai (különös tekintettel az antioxidáns aktivitására és antioxidáns sűrűsége). Acta Agraria Debreceniensis. 17:83-87. p.
204. VIDAL-MARTÍNEZ V. A. - CLEGG D. M. - JOHNSON E.B. - VALDIVIA-BERNAL R. (2001a): Phenotypic and genotypic relationships between pollen and grain yields components in maize. Agrociencia. 35:503-511. p.
205. VIDAL-MARTÍNEZ V. A. - CLEGG D. M. - JOHNSON E.B. (2001b): Genetic studies on maize pollen and grain yield and their yield components. Maydica. 46:35-40. p.
206. VIDAL-MARTINEZ A. V. - CLEGG D. M. - JOHNSON E. B. - OSUNA-GARCÍA A. J. - COUTIÑO-ESTRADA B. (2004): Phenotypic plasticity and pollen production components in maize. Agrociencia. 38:273-284. p.
207. VOS P.- HOGERS R. - BLEEKER M. - REIJANS M. - VAN DE LEE T. - HORNES M. - FRIJTERS A. - POT J. - PELEMAN J. - KUIPER M. - ZABEAU M. (1995): AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. Nucleic Acids Research. 23:4407-4414. p.
208. VYN T. J. - TOLLENAAR M. (1998): Changes in chemical and physical quality parameters of maize grain during three decades of yield improvement. Field Crops Research. 59:135-140. p.
209. WILSON C. M. - SPRAGUE G. F. - NELSEN T. C. (1989): Linkages among zein genes determined by isoelectric focusing. Theoretical Applied Genetics 77:217-226. p.

210. WILSON M. C. (1985): Nomenclature for zein polypeptides based on isoelectric focusing and sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis. *Cereal Chemistry*. 62:361-365. p.
211. WYCH R. D. (1988): Production of hybrid seed corn. In: *Corn and corn improvement* Szerk.: SPRAGUE G. F. - DUDLEY J. W., American Society of Agronomy, Madison, WI. 188. p.
212. YADAV T. P. - SINGH R.D. - BHAT J. S. (2003): Genetic studies under different levels of moisture stress in maize (*Zea mays* L.). *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 63:2:119-123. p.
213. ZADOKS C. J. – CHANG T. T. – KONZAK F. C. (1974): Decimal code for the growth states of cereals. *EUCARPIA Bulletin* No. 7. 42-52. p.
214. ZHANG Y. - MANJIT S. - MAGARI R. (1996): A diallel analysis of ear moisture loss rate in maize. *Crop Science*. 36:1140-1144. p.
215. ZUBOR A. - SURÁNYI GY. - PROKISCH J. - GYŐRI Z. - BORBÉLY GY. (2003): AFLP módszer alkalmazása növényi minták azonosításához. - *Acta Agraria Debreceniensis Különszám* 10:207-213.
216. ZUBOR A. - SZABÓ ZS. K. - NYAKAS A. - PAPP M. - GYŐRI Z. - PROKISCH J. (2005): DNS-alapú módszer alkalmazásának bemutatása a mezőgazdaságban *Poa* fajok molekuláris taxonómiájának vizsgálatában. *Acta Agraria Debreceniensis*. 16:139-142.
217. ZSUBORI ZS. - GYENESNÉ HEGYI ZS. - ILLÉS O. - PÓK I. - RÁCZ F. - SZŐKE CS. (2002): Inheritance of plant and ear height in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural Sciences Acta Agraria Debreceniensis*. 8:34-38. p.

11. MELLÉKLETEK

1. melléklet A kísérleti évek középhőmérsékletének és napfényes órák számának alakulása

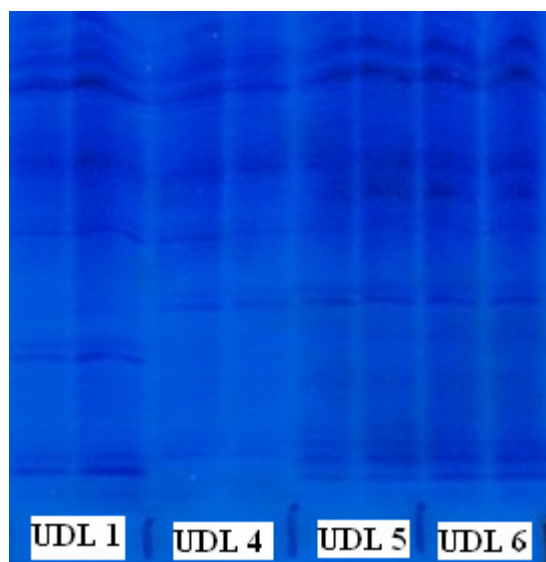
Hónap	30 éves átlag	Hőmérséklet (°C)		
		2004	2005	2006
I.	-2,6	-3,3	-0,9	-3,4
II.	0,2	-0,7	-3,7	-1,4
III.	5	4,8	2,2	3,2
IV.	10,7	11,4	10,8	12,1
V.	15,8	14,8	16,2	15,4
VI.	18,7	19,3	18,4	18,6
VII.	20,3	21,1	21,1	23,2
VIII.	19,6	20,4	19,7	19,0
IX.	15,8	15,3	16,5	17,0
X.	10,3	11,1	10,8	11,3
XI.	4,5	4,9	3,5	6,2
XII.	-0,2	0,9	0,2	2,2
Összesen:	9,84	10,0	9,57	10,28
Eltérés a 30 éves átlagtól:		0,16	-0,27	0,46
Tenyészeitő IV-IX. hónap		17,05	17,12	17,56
Eltérés:		0,23	0,30	0,74



2. melléklet A CPVO TP2/2 tulajdonságok kifejeződési fokozatai

CPVO TP2/2 száma	Tulajdonságok kifejeződési kódjai			
	UDL 1	UDL 4	UDL 5	UDL 6
1	7	9	9	9
2	3	2	4	2
3	25	15	40	30
4	3	3	3	7
5	1	5	1	3
6	5	5	5	5
7	7	7	5	7
8	1	3	1	1
9	1	5	1	1
10	3	5	5	5
11	3	5	5	3
12	1	3	5	1
13	1	3	3	3
14	7	7	5	7
15	1	3	1	1
17	1	3	1	1
18	3	5	5	5
19	3	5	5	5
21.1	5	3	5	5
22	5	3	5	5
24	3	1	3	3
25	5	5	5	5
26	5	3	5	5
27	2	2	3	2
28	3	5	5	3
29	4	4	5	2
30	3	3	4	3
31	4	4	5	5
32	9	9	1	1
33	7	5	1	1

3. melléklet A vizsgált vonalak zein mintázata



3. melléklet A szülői komponensek alapadatai

Vonal	Növény- magasság (cm)	Csőeredési magasság (cm)	Szárátmérő (mm)	Levél szám
<i>UDL1</i>	174,8	65,6	19,6	11,4
<i>UDL4</i>	163,9	51,7	19,0	10,7
<i>UDL5</i>	176,8	53,5	17,1	10,5
<i>UDL6</i>	160,5	50,8	15,1	11,1
SzD _{5%}	2,5	1,8	0,8	0,4

4. melléklet. Az átlagos termésnagyság (kg) összefüggése a legmagasabb terméseredményt elért hibridek között (2004-2006)

(I) Genotípus	(J) Genotípus	Átlagos különbség (I-J)
DK471	UDH1	-150,050
	UDH10	-978,087
	UDH11	2320,848*
	UDH12	4087,942*
	UDH2	904,411
	UDH3	-1141,477
	UDH4	1944,615*
	UDH5	5040,911*
	UDH6	3027,452*
	UDH7	-750,102
	UDH8	4256,273*
	UDH9	3441,894*
	UDH10	978,087
UDH10	DK471	978,087
	UDH1	828,037
	UDH11	3298,935*
	UDH12	5066,029*
	UDH2	1882,498*
	UDH3	-163,390
	UDH4	2922,702*
	UDH5	6018,998*
	UDH6	4005,539*
	UDH7	227,985
	UDH8	5234,360*
	UDH9	4419,981*
	UDH10	978,087
UDH3	DK471	1141,477
	UDH1	991,427
	UDH10	163,390
	UDH11	3462,325*
	UDH12	5229,419*
	UDH2	2045,888*
	UDH4	3086,092*
	UDH5	6182,388*
	UDH6	4168,929*
	UDH7	391,375
	UDH8	5397,750*
	UDH9	4583,371*
	UDH10	163,390

*= a különbség szignifikáns $P=0,05$ szinten. (A terméseredmények C. V. értékei 2004-2006 között, 8,5; 4,1; 6,7)

5. melléklet A címerágak száma a vizsgált évek átlagában a szülői vonalak és az egyenes és reciprok keresztezések esetében

<i>Genotípus</i>	<i>Átlag (2005-2006)</i>
<i>Szülői vonalak</i>	
UDL1	1,4
UDL4	6,9
UDL5	6,6
UDL6	9,1
SzD _{5%}	0,4
Átlag	6,0
<i>Egyenes keresztezés</i>	
UDH1	6,5
UDH2	4,7
UDH3	5,9
UDH5	7,6
UDH6	9,4
UDH9	8,2
SzD _{5%}	0,6
Átlag	7,0
Heterózis mértéke (%)	116,7
<i>Reciprok keresztezés</i>	
UDH4	7,6
UDH7	5,1
UDH8	7,8
UDH10	6,0
UDH11	9,7
UDH12	7,6
SzD _{5%}	0,5
Átlag	7,3
Heterózis mértéke (%)	121,6

6. melléklet A címerszár hossza az alsó elágazástól mérve a vizsgált évek átlagában a szülői vonalak és az egyenes és reciprok keresztezések esetében

<i>Genotípus</i>	<i>Átlag (2005-2006)</i>
<i>Szülői vonalak</i>	
UDL1	23,4
UDL4	28,3
UDL5	34,0
UDL6	33,8
SzD _{5%}	1,3
Átlag	29,8
<i>Egyenes keresztezés</i>	
UDH1	36,9
UDH2	37,4
UDH3	37,2
UDH5	35,6
UDH6	35,6
UDH9	36,8
SzD _{5%}	0,8
Átlag	36,5
Heterózis mértéke (%)	122,4
<i>Reciprok keresztezés</i>	
UDH4	35,6
UDH7	36,7
UDH8	34,7
UDH10	38,4
UDH11	36,9
UDH12	36,3
SzD _{5%}	0,7
Átlag	36,4
Heterózis mértéke (%)	122,1

**7. melléklet A címerszár hossza az felső elágazástól mérve a vizsgált évek átlagában
a szülői vonalak és az egyenes és reciprok keresztezések esetében**

<i>Genotípus</i>	<i>Átlag (2005-2006)</i>
<i>Szülői vonalak</i>	
UDL1	19,7
UDL4	20,3
UDL5	26,4
UDL6	25,7
SzD _{5%}	0,6
Átlag	23,0
<i>Egyenes keresztezés</i>	
UDH1	28,6
UDH2	29,8
UDH3	28,8
UDH5	28,4
UDH6	27,4
UDH9	29,0
SzD _{5%}	0,9
Átlag	28,6
Heterózis mértéke (%)	124,3
<i>Reciprok keresztezés</i>	
UDH4	27,1
UDH7	28,8
UDH8	29,2
UDH10	29,1
UDH11	27,1
UDH12	28,8
SzD _{5%}	0,8
Átlag	28,3
Heterózis mértéke (%)	123,0

8.melléklet A vizsgált hibrdek további morfológiai leírása

Hibrdek és vonalak	Tulajdonságok és kifejeződési kódjai			
	A levélhüvely antociános elszíneződése	Internódiumok antociánossága	Nóduszok antociánossága	A harmatgyökök antociános elszíneződése
UDH1	1	1	1	3
UDH2	1	1	1	3
UDH3	1	1	1	1
UDH4	1	1	1	1
UDH5	1	1	1	1
UDH	1	3	1	1
UDH7	1	3	1	1
UDH8	1	3	1	3
UDH9	1	1	1	1
UDH10	1	1	1	1
UDH11	1	1	1	3
UDH12	1	1	1	3

9. melléklet A vizsgált egyenes és reciprok keresztezések csőtermései (2006)



UDH1



UDH4



UDH2



UDH7



UDH3



UDH10



UDH5



UDH8



UDH6



UDH11

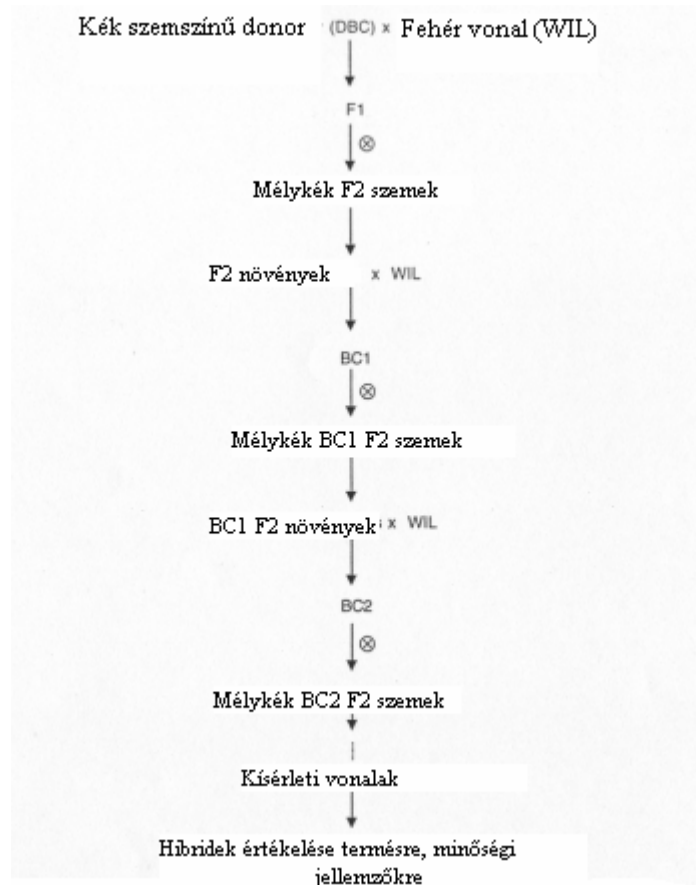


UDH9



UDH12

10. melléklet Kék kukoricafajták átalakítása elit beltenyésztett kukoricavonalakká



NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaságtudományi Karán a Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok Doktori Iskola keretében készítettem a Debreceni Egyetem ATC MTK doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2007.

Bódi Zoltán

jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy Bódi Zoltán doktorjelölt 2004-2007 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, 2007.

Dr. habil Pepó Pál

témavezető aláírása