

DEBRECENI EGYETEM
AGRÁR- ÉS GAZDÁLKODÁSTUDOMÁNYI CENTRUM
NÖVÉNYTUDOMÁNYI INTÉZET GENETIKA TANSZÉK

*HANKÓCZY JENŐ NÖVÉNYTERMESZTÉSI, KERTÉSZETI ÉS
ÉLELMISZERTUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA*

Doktori Iskola vezető:

Dr. habil Kátai János

mg. tudományok kandidátusa

Témavezető:

Dr. habil Pepó Pál

mg. tudományok kandidátusa

egyetemi tanár

**MUTÁCIÓS- ÉS HETERÓZIS NEMESÍTÉS ALKALMAZÁSÁVAL
ELŐÁLLÍTOTT SILÓKUKORICA ÉS CUKORCIROK GENOTÍPUSOK
ÉRTÉKMÉRŐ JELLEGEINEK VIZSGÁLATA
A SZILÁZS- ÉS BIOETANOL-ELŐÁLLÍTÁS SZEMPONTJÁBÓL**

Készítette:

Erdei Éva

doktorjelölt

DEBRECEN

2013

**MUTÁCIÓS- ÉS HETERÓZIS NEMESÍTÉS ALKALMAZÁSÁVAL
ELŐÁLLÍTOTT SILÓKUKORICA ÉS CUKORCIROK GENOTÍPUSOK
ÉRTÉKMÉRŐ JELLEGEINEK VIZSGÁLATA
A SZILÁZS- ÉS BIOETANOL-ELŐÁLLÍTÁS SZEMPONTJÁBÓL**

*Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében a Növénytermesztési és
Kertészeti doktori Tudományágban*

Írta: Erdei Éva doktorjelölt

A doktori szigorlati bizottság:

	Név	Tud.Fokozat
Elnök:	Dr. Pepó Péter	Dsc.
Tagok:	Dr. Birkás Márta	Dsc.
	Dr. Tóth Szilárd	Phd

A doktori szigorlat időpontja: 2010. szeptember 17.

Az értekezés bírálói:

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

A bíráló bizottság:

Név	Tud. fokozat	Aláírás
Elnök:		
Titkár:		
Tagok:		
.....		
.....		

Az értekezés védésének időpontja: 2013.

Rövidítések jegyzéke

NDF=Neutral Detergent Fibre (neutrális detergens rost)

ADF=Acid Detergent Fibre (savdetergens rost)

ADL=Acid Detergent Lignin (savdetergens lignin)

Bmr=Brown midrib (barna levélerű) redukált lignintartalom tulajdonságért felelős gén

Izogén= a brown midrib kukorica normál analógja, amely nem tartalmaz *bm*-gént

Lfy-1= Leafy (leveles) tulajdonságért felelős gén

Brix-érték=Refraktométeres szárazanyag-tartalom

R.f.%= Refrakciósázalék

NIR=Near Infrared Reflectance (közeli infravörös reflexión alapuló spektrometria)

SzD_{5%}=Sznifikáns Differencia p=5%-os valószínűségnél

DUS=Distinctness, Uniformity, Stability (Megkülönböztethetőség, Egyöntetűség, Stabilitás)

CPVO TP2/2=Community Plant Variety Office Technical Protocol

SzeTC=Szegedi Three-Way Cross (Szegedi nemesítésű háromvonalas hibrid)

ns=nincs szignifikáns különbség

In.s.=Internódiumok sorszáma

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés és a kutatómunka célkitűzése	8
1.1. A téma jelentősége	8
1.2. Célkitűzések	11
2. Irodalmi áttekintés	14
2.1. A brown midrib kukorica minőségjavító nemesítése	14
2.2. A silókukorica-nemesítés irányvonalai és szempontjai napjainkban	16
2.3. Heterózishatás- és összefüggés-vizsgálat a mag beltartalmi paramétereiben	21
2.4. A szemescirok genetikai variabilitásának növelése és minőségjavítása mutációval	23
2.5. A cirokszárle komponenseinek bemutatása fenofázisonként és a lényeres metodikája	24
2.6. A silócirok-nemesítés irányvonalai és szempontjai napjainkban	26
3. Anyag és módszer	31
3.1. A kukorica kísérleti rendszer jellemzői	31
3.2. A cirokkísérleti rendszer jellemzői	32
3.3. A kukoricánemesítési alapanyagok köre	32
3.4. A ciroknemesítési alapanyagok köre	33
3.5. A hibridek előállításának menete	34
3.6. A kísérleti terek talajának jellemzése	35
3.7. A kukoricakísérletek tenyészterülete, állománysűrűsége	36
3.8. A cirokkísérletek tenyészterülete, állománysűrűsége	37
3.9. Az alkalmazott agrotechnikai eljárások	38
3.10. A fenotípusos tulajdonságok leírása az UPOV-szabvány szerint	39
3.11. Betakarítás menete és a mintavételek módja	40
3.12. A fontosabb emészthetőségi tulajdonságok meghatározásának módszerei	43
3.12.1. Nyersfehérje-tartalom meghatározása	43
3.12.2. Nyersrosttartalom meghatározása	43
3.12.3. Detergens rostfrakciók kimutatása (Van-Soest analízis)	43
3.13. A NIR-készülék működése	43
3.14. Az aminosav-tartalom meghatározásának módszere	44
3.15. A refraktométeres szárazanyag-tartalom meghatározása	44

3.16. A cukortartalom meghatározása	45
3.16.1. Összes cukortartalom meghatározása	45
3.16.2. Redukáló cukortartalom meghatározása	45
3.17. Az alkoholtartalom meghatározása	45
3.18. A heterózishatás-vizsgálat	46
3.19. Az eredmények értékelése matematikai-statisztikai módszerekkel	46
4. Eredmények és megvitatásuk.....	47
4.1. Eredmények értékelése	47
4.1.1. A brown midrib kukoricagenotípusok és izogénikus változataik morfológiai leírása.....	47
4.1.2. A brown midrib kukorica genotípusok és izogén változataik fenometriai mutatói, heterózishatás-vizsgálat	49
4.1.3. A brown midrib kukoricahibridek internódiumainak jellemzői, összefüggés a tényezők között.....	53
4.1.4. A brown midrib kukorica növényi részeinek detergensrosttartalom-vizsgálata	54
4.1.5. A brown midrib- és az izogén kukoricahibridek, hagyományos cirokhibridek valamint vegyes vetésük szilázsmintáinak emészthetőségi vizsgálata.....	57
4.1.6. Az aminosav- és a nyersfehérje-tartalom elemzése a szilázsmintákban	60
4.1.7. Heterózisvizsgálat a kukorica meghatározó beltartalmi tulajdonságainál	62
4.1.8. A cirokvonalak morfológiai leírása	64
4.1.9. A cirok genotípusok mennyiségi tulajdonságainak leírása és összefüggés-vizsgálat az internódiumok tulajdonságai között	65
4.1.10. A refrakciósázalék átlagos értékei a restorer cirokvonalak eltérő fenofázisaiban....	69
4.1.11. A restorer cirokvonalak refraktométeres szárazanyag-tartalmának mediánjai	70
4.1.12. A restorer vonalak átlagos refraktométeres szárazanyag-tartalmának alakulása internódiumonként a fenofázisokban.....	72
4.1.13. Az átlagos refraktométeres szárazanyag-tartalom alakulása a cukorcirok-hibridek eltérő fenofázisaiban	73
4.1.14. A refraktométeres szárazanyag-tartalom mediánja a cukorcirok-hibridek különböző fenofázisaiban.....	76

4.1.15. A cukorcirok-hibridek átlagos refraktométeres szárazanyag-tartalmának alakulása internódiumonként.....	77
4.1.16. Restorer cirokvonalak szárlétartalmának főbb komponensei és összefüggés a beltartalmi tulajdonságok között	79
4.1.17. A restorer cirokvonalak szárlevének beltartalmi mutatói.....	82
4.1.18. A cirokhibridek létartalmának főbb komponensei fenofázisonként és összefüggés a szárlé beltartalmi tulajdonságai között.....	83
4.1.19. A cirokhibridek szárlevének beltartalmi mutatói	84
4.1.20. A restorer cirokvonalak és a cirokhibridek alkoholkiválatának elemzése viaszérésben	86
4.1.21. A beltenyészett cirokvonalak és hibridjeik egyes beltartalmi tulajdonságainak vizsgálata	87
4.1.22. A mutáció eredményei cirokkísérletben	89
4.2. Eredmények megvitatása.....	92
4.2.1. A kukorica morfológiai és fenometriai tulajdonságainak elemzése.....	92
4.2.2. A szilázs detergens rostfrakcióinak, emészthetőségi tulajdonságainak és aminosav-összetételének elemzése valamint a szemtermés beltartalmi analízise.....	93
4.2.3. Heterózisok.....	97
4.2.4. A cirok morfo-fenometriai tulajdonságainak elemzése.....	98
4.2.5. A cirokok refrakciósázalék (átlag, medián) alapján történő jellemzése	100
4.2.6. A cirok szemtermés beltartalma és heterózisok	104
4.2.7. Mutációs nemzedékek	104
5. Következtetések és Javaslatok	105
5.1. A brown midrib kukoricahibridek általános jellemzői.....	105
5.2. A cukorcirok-hibridek általános jellemzői	106
5.3. A genotípus hatása az egyes tulajdonságokra	106
5.4. A tulajdonságok közötti összefüggések.....	107
5.5. A szilázs minőségét meghatározó tulajdonságok kiválasztása.....	109
5.6. A cirokszárlé minőségét meghatározó tulajdonságok kiválasztása.....	109
6. Új és Újszerű Eredmények	111
7. Gyakorlatban alkalmazható eredmények.....	113
8. Összefoglalás	114

9. Summary	117
10. Irodalomjegyzék.....	120
11. Az értekezés témakörében megjelent tudományos közlemények jegyzéke	136
12. Melléklet.....	139

1. Bevezetés és a kutatómunka célkitűzése

1.1. A téma jelentősége

A silókukoricából készült szilázs a magas fermentálható szénhidráttartalma miatt könnyen emészthető. A magas metabolizálható energiatartalma és könnyű emészthetősége miatt ideális tartósított takarmány az intenzív tejelő szarvasmarha-állományok számára is.

A szántóföldi növények közül a kukorica a második helyet foglalja el a világ növénytermesztésében. A világon 160 millió hektárról takarítottak be kukoricát 800 millió tonna terméssel (FAO, 2008). A silókukorica termőterületének részaránya ebből 10-15% az USA-ban, Kanadában és Kínában, míg a nyugat-európai országokban ez az arány az 50-60%-ot is elérheti. A silókukorica vetésterülete 2015-re 1,7 millió ha-ra növekedhet, mert a silókukoricából minőségi szilázst és biogázt állítanak elő az európai országokban. A kukorica vetésterülete a világon az Egyesült Államokban a legnagyobb, 2009-ben 35 millió hektár volt, amelyből 2 millió hektáron silókukoricát vetettek (USDA, 2010). Magyarországon a szemes kukorica vetésterülete 1-1,2 millió hektár, míg a silókukorica vetésterülete 200-250 ezer hektárt foglal el. Hazánkban silókukoricát az 1970-es évek végén 250-300.000 ha körüli területen termesztették. 2008-ban 89.819 hektáron vetették és a termésátlaga 29,42 t/ha volt.

A silókukoricával szemben támasztott minőségi igények korszakonként változtak. Magyarországon a növénytermesztést hosszú időn keresztül a mennyiségi szemlélet jellemezte. Ezekben az időkben a nemesítési célkitűzés az volt, hogy a kukoricahibridek minél nagyobb szárazanyaghozamot produkáljanak. Ehhez széles genetikai háttérrel és nagy termőképességgel rendelkező szemes- és kettős hasznosítású kukoricahibridekre volt szükség. A nagyüzemi gyakorlatban elterjedt nézet volt, hogy minden kukoricahibridet szemesként vetnek el, és ha ezeknek a termőképessége nem felelt meg akkor a kukorica-hibrideket besilózták. A szemes kukorica ilyen jellegű alternatív felhasználása kevesebb szilázst eredményezett, mintha szilázskészítésre nemesített hibrideket termesztettek volna.

Időközben megváltozott az a nemesítői elképzelés, hogy külön siló- és kettős hasznosítású kukoricahibrideket termesztettek. A silókukorica-hibridek vonatkozásában érvényesült egy második szempont, mégpedig az, hogy javult az emészthetőség és megmaradt a nagy szárazanyaghozam. Ehhez a nemesítési célkitűzéshez napjainkban is felhasználják a back-cross keresztezés módszerét, amelynek segítségével alacsony lignintartalmat kódoló *bm*-géneket ültetnek be izogén kukoricahibridekbe.

A recesszíven öröklődő *bm*-géncsaládot a kukoricánál 1931-ben a természetes mutáció eredményeként tartották számon. Szintén természetes mutáció eredménye az *Lfy*-gén, amely a kukoricacső felett kettőnél több levél produkálásáért felelős. A brown midrib és a leafy kukoricahibridek a nemesítésnek egy új irányvonalát fogják képviselni a jövőben. A brown midrib kukoricából készült szilázs emészthetőségi tulajdonságai 14%-kal jobbak voltak, mint az izogénjeiké. A nagyobb levél- és szártömeg a jobb emészthetőségen kívül kedvezőbb beltartalmi értékkel is párosult. A megnövekedett levélszám és a parenchyma sejtekben található oldható szénhidrátok javíthatják a szilázs minőségét. Jelenleg a brown midrib kukoricahibrideket elsősorban az Amerikai Egyesült Államokban termesztik nagy volumenben. Magyarországon a gyakorlatban még nem terjedtek el, mert az átlagtermésük kevesebb, és a szárszilárdságuk az alacsony lignintartalom miatt gyenge.

A klimatikus változások és a gazdaságos állattermék-előállítás hatására szintén növekedni fog a jelentősége a szárazságtűrő energia- és takarmánynövények minőségjavító nemesítésének is a jövőben. A brown midrib kukoricahibridek a kisebb rosttartalmuk miatt jobb biogáz- kihozataalt eredményezhetnek. Ezek a *bm*-genotípusok energiatakarékos hibrideknek tekinthetők, mert a felálló levelük miatt a hatékonyabb fotoszintézis következtében több asszimilátumot képeznek a levelekben, mint a hagyományos kukoricahibridek. A silóhibridek emészthetőségét befolyásolja a hibrid megválasztása, a tenyészidő és a betakarítási idő. Az egész szilázs emészthetőségét meghatározza a növényi sejtek neutrális detergens rosttartalma (NDF), savdetergens rosttartalma (ADF) és savdetergens lignintartalma (ADL). A specifikus értékmérő tulajdonság a kukoricaszilázs minőségét illetően a keményítőtartalom (szem/szár, szem/levél arány). A rekurrens szelekcióval lehetőség nyílik a szár cukortartalmának és ennek következtében a teljes növény emészthetőségének a javítására.

A silókukoricának magas az energiataartalma, de ezzel ellentétben alacsony a fehérjetartalma. A genetikai alapanyagbázis fehérje minőségének és aminosav-összetételének javítására alkalmas a mutációs- és a heteróznemesítés. A radiomutációs eljárással a kukoricaszem fehérje minőségének növelése céljából esszenciális aminosavban, a lizinben gazdag *Opaque-2* géneket tartalmazó kukoricahibrideket állítottak elő. Az új nemesítési eljárásoknak köszönhetően az intenzív tejelő marha állományok számára minőségi tömegtakarmány készülhet a korszerű kukoricahibridekből.

Hazánkban a silókukorica termőterülete a fogyatkozó állatállomány és a nagyüzemi termesztés megszűnése miatt fokozatosan csökkent.

A népesség növekvő energiaigénye miatt előtérbe került a kukorica alternatív (bioetanol, biogáz) célra történő felhasználása. A bioetanol célú felhasználás szempontjából lényegesnek tekinthető a szemtermés etanol kihozatala. A bioetanol-előállítás céljaira nemesített, nagy keményítőtartalmú és alacsony fehérjetartalmú hibridek low input rendszerben is termesztethők a jövőben. A minőséget meghatározó kémiai összetételen belül a fehérje-, az olaj- és a keményítőtartalmat nemesítéssel számottevően lehet befolyásolni.

Az alternatív növények közül kiemelt szerepük van a magas keményítő- és cukortartalmuk alapján a silócirkoknak. Az energianövények termesztésénél a növények alkalmazkodóképességét és a termesztés energiamérlegét kell figyelembe venni. A takarmánycirkok egyaránt kitűnő zöld biomassza forrásai lehetnek a bioalkohol-gyártásnak (szemes- és cukorcirok), valamint a biogáz termelésnek (silócirok) is.

A cirok a világon összesen 68 millió tonnát terem mintegy 45,8 millió hektáron **(RAI ET AL., 1999)**, ebből 15,1 millió tonnát az USA-ban termesztettek, Kínában 5,8 millió tonna szemtermést produkált. Az Európai Unió területén a ciroktermés 309.000 t volt Franciaországban, 168.000-t ért el Olaszországban **(FAO, 1999)**. A cukorcirok hazai vetésterülete 20.000-30.000 ha, ennek legnagyobb részét az állattenyésztés hasznosítja. A cukorcirok az egyik legnagyobb hozamú szántóföldi növényünk, hektáronként 80-120 tonna zöldtermés és 20-30 tonna szárazanyagtermés elérésére képes egy évben **(GYURICZA, 2008)**. A bioetanol-előállításra alkalmas növények közül a cukorcirok tisztaszesz kihozatala 1000-5000 l/ha között mozog. Az édescirok hibridek 50-60 t/ha friss biomasszát is termelhetnek. Kipréselve a zöld masszát 17-20 t/ha 10-16%-os cukortartalmú levet ad. Az USA-ban 9 milliárd U.S. gallon, Brazíliában 6,47 milliárd U.S. gallon bioetanolt termeltek 2008-ban **(RFA INDUSTRY STATISTICS, 2008)**. A növénytermesztésben az input energia csökkentése főként redukált talajműveléssel és a low input mezőgazdaságnak megfelelő fajtanemesítéssel érhető el. A cirok a világszerte leggyakrabban importált öt gabonaféléhez tartozik. Az extenzív nemesítési programok részeként kiválóan adaptálódott a low input technológiához az abiotikus és a biotikus stresszfaktorokhoz. A cirokfélék a világban széles genetikai variabilitással rendelkeznek. A citoplazmatikus himsterilitás felfedezésével a hibridizációnak köszönhetően Magyarországon is bővülni fog a termesztendő cirokfajták és cirokhibridek köre.

1.2. Célkitűzések

Munkám célja elsődlegesen a brown midrib kukoricavonalak és izogénjeik részletes vizsgálata és összehasonlítása volt a morfo-fenometriai tulajdonságaik és az egyes növényi részek detergens rostfrakciói szempontjából. A vizsgált kukoricavonalak fenológiai és beltartalmi tulajdonságaikban is különböztek egymástól és az izogén változataiktól. A nemesítési módszerek közül a beltenyésztést választottam a brown midrib kukoricavonalak és izogén változataik fenntartására. Kétvonalas brown midrib kukoricahibridek és azok izogén változatait állítottam elő normál és *bm₃* gént tartalmazó beltenyésztett vonalak segítségével. Kíváncsi voltam a keresztezéssel előállított kukoricahibridek teljes körű (morfológiai, fenometriai és beltartalmi) vizsgálatának eredményeire. A vizsgálatok célkitűzése az volt, hogy összehasonlítsam a hibrideket egymással és izogén változataikkal a fontosabb fenometriai tulajdonságaik alapján.

A heterózishatás mértékét is meghatároztam minden kétvonalas hibridemnél, amelyek a növénymagasságban, a csőeredési magasságban, a csőhosszban- és a csőtömegben jelentkeztek. A fenometriai paraméterek közül az internódiumok fontosabb jellemzői (internódiumok hossza, internódiumok tömege és internódiumok átmérője) alapján összehasonlítottam a *GK49 bm₃ x GK42 bm₃* és az *SzeTC 465 bm₃* kukoricahibrideket. Érdekelt a kukoricahibridek internódiumainak paramétereire vonatkozó korreláció szorossága. A rövid vegetációs periódusú brown midrib- és izogén kukoricahibrideket 2+2 sorarányban párosítottam rövid tenyészidejű cirokhibridekkel (*Róna-4, Monori édes*) és belőlük miniszilázst készítettem. A t-próba módszerével választ kerestem arra, hogy különböznek-e az emészthetőségi tulajdonságaikban a brown midrib kukoricahibridek és izogénjeik, a cirokhibridek, valamint a belőlük készített vegyes vetés. Vizsgálni kívántam a korrelációkat a beltartalmi tulajdonságokra vonatkozóan, elsősorban a nyersfehérje és a detergens rostfrakciók, valamint a szárazanyag és a nyersfehérje között, hogy megállapítsam a fennálló összefüggéseket. A kukorica, a cirok- és a vegyes vetésű szilázsmintákból meghatároztam az összes aminosavat, továbbá elsősorban a létfontosságú aminosavak alapján értékeltem a genotípusokat. Ilyen jellegű mérésekről a magyar és a külföldi szakirodalmakban is kevés adat áll rendelkezésre, így a doktori disszertációm ezen a téren hiánypótló lehet.

A vizsgálatainkat a bioetanol-előállítás céljára nemesített kétvonalas kukoricahibridek keményítő-, fehérje- és ezerszemtömegének a meghatározásával folytattam.

A meglévő szakirodalmakat kívántam kiegészíteni és alátámasztani azzal a ténnyel, hogy a tanszéki mérések alapján is összefüggéseket találtam az említett tulajdonságok között. Vizsgálataim során a heterózishatások mértékét is kiszámoltam. A kukoricára vonatkozó kísérletem végső célja a brown midrib- és az izogén kukoricahibridekből készült szilázsmínőségét leginkább meghatározó emészthetőségi tulajdonságok kiválasztása és ezáltal a nemesítés irányvonalának meghatározása volt. Felsoroltam a beltartalmi és a morfo-fenometriai szempontból legelőnyösebb saját nemesítésű brown midrib hibridjeimet is.

A kísérletem további részében restorer cirokvonalakat szelektáltam a morfológiai és az internódiumainak jellemző tulajdonságai alapján, valamint a szárlé refrakciósázalékát is figyelembe vettem. A kiváló restoráló apavonalakat abból a célból választottam ki, hogy a további nemesítői munkámban szülőpartnerei legyenek a háromvonalas cirokhibrideknek. Továbbiakban érdeklődésem középpontjába az került, hogy van-e jelentős eltérés a különböző internódium csoportba tartozó cirok apavonalak átlagos refraktométeres szárazanyag-tartalma között. A vizsgálatokat a teljes vegetációs perióduson keresztül végeztem egymást követő két évben (2009, 2010). Emellett választ kerestem arra is, hogy a restorer apavonalak melyik internódiumában mérhető a legmagasabb Brix-skála érték, továbbá van-e különbség az egyes internódiumok refrakciósázaléka között. A cirokszárbból a viaszéréskor préseltem ki a levét, abból a célból, hogy a szárlé legfontosabb minőségi tulajdonságait (refrakciósázalék, összes- és redukáló cukor) felvételezzem. A bemért minőségi tulajdonságokból beltartalmi mutatókat hoztam létre, amelyek jellemzőek a cirokszárllére, és kifejezik az egyes összetevők egymáshoz viszonyított százalékos arányát. Ezekkel a mutatókkal bővítettem a nemzetközi szakirodalom adatait. A kitűzött nemesítési céloknak megfelelő restorer apavonalakat szülői partnerekként használtam a háromvonalas cirokhibridjeim előállításánál. A silócirok típusú cukorcirok hibrideket a Comstock-Robinson módszerrel állítottam elő. A vizsgálataimban célkitűzésként szerepelt, hogy megválaszoljam azt a kérdést, hogy a különböző internódium számmal rendelkező cirokhibridek között található-e szignifikáns különbség a refrakciósázalékra nézve. A szárlé kipréselése után megállapítottam, hogy a cirokhibridek között minden minőségi tulajdonságban találtam jelentős eltérést.

Vizsgáltam a korrelációkat minden egyes tulajdonságra vonatkozóan, elsősorban az összes cukortartalom és a refrakciósázalék, valamint az összes cukortartalom és a nem-redukáló cukortartalom között, hogy megállapítsam a fennálló összefüggéseket.

A cirokhibridek parenchyma sejtjeinek létartalmából és szemterméséből is készíthető bioetanol. A hibridek szemtermésének keményítő-, fehérje- és ezerszemtömegét mértem le. Ezek után kiszámoltam a heterózis és a heterobeltiózis értékeit mindhárom összetevőre nézve.

A szemescirkok esetében a gyors neutron négyféle dózisának (5,0 Gy, 7,5 Gy, 10,5 Gy, 12,5 Gy) hatását elemeztem. A mutációs kísérletben a 7,5 Gy és a 10 Gy dózisoknál találtam értékes mutánsokat, amelyeket a mezőgazdaságban és a környezetvédelemben is hasznosíthatok.

A 2005-2010 között végzett kutatómunkám célkitűzései az alábbiak voltak:

- Brown midrib kukoricahibridek, izogén partnereik és szülői vonalaik nemesítése, morfológiai, fenometriai leírása, a növényi részek rostfrakció-analízise és összefüggés-vizsgálat a beltartalmi tényezők között;
- A brown midrib- és az izogén kukorica genotípusok lignintartalmának összehasonlítása a vegetatív növényi részekben, génhatásvizsgálat;
- Heterózishatás-vizsgálat a kukoricahibridek mennyiségi tulajdonságaira vonatkozóan;
- A *bm₃* kukoricahibridekből, cirokból és azok vegyes kombinációiból készült szilázs emészthetőségi tulajdonságainak részletes elemzése;
- Hagyományos kukorica, cirok- és vegyes (kukorica+cirok) szilázs aminosav- és nyersfehérje-tartalmának vizsgálata és az aminosavak összefüggései;
- ❖ A restorer cirokvonalak és cirokhibridek nemesítése, morfológiai, fenometriai jellemzése és a szárlé beltartalmi tulajdonságainak elemzése;
- ❖ A cirokszárlé beltartalmi mutatóinak vizsgálata fenofázisonként és internódiumonként. Az internódiumok refrakciósázalékának mérése, alkohol-kihozatal elemzése;
- ❖ A szárlé komponenseinek meghatározása és azok egymáshoz viszonyított aránya;
- ❖ Bioetanol-előállításra nemesített cirok- és kukoricahibridek low input technológiával történő termesztése. A heterózis mértékének meghatározása a szemtermés keményítő-, fehérje- és ezerszemtömegére. A vizsgált beltartalmi mutatók közötti korreláció elemzése;
- ❖ A mutáció eredményeinek bemutatása a szemescirok-kísérlet egyes nemzedékeiben.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. A brown midrib kukorica minőségjavító nemesítése

Brown midrib (*bm*, *bmr*) mutánsokat kukoricában (*Zea mays* L.) cirokban (*Sorghum bicolor* L.) és néger kölesben (*Pennisetum glaucum* L.) találtak. E fajok közül a Minnesotai Egyetemen 1924-től a *bm* kukorica genotípusokat tartották fenn először (**JORGENSEN, 1931**). A kukoricában identifikált *bm* gének (*bm₁*, *bm₂*, *bm₃*, *bm₄*) spontán mutáció eredményei voltak, recesszíven öröklődtek és természetes ligninhányt hordoztak. A négy természetes mutáns gén közül a *bm₃* mutációt **EMERSON (1935)** a 4. kromoszómán lokalizálták és **LECHTENBERG et al. (1972)** szerint a mutáns gének közül a *bm₃* génnek volt a leghatékonyabb a lignin redukáló hatása. A lignintartalom redukálására a mutánsok az *O-methyl transferáz* enzim által hatottak. A vonalak közötti szelekciót segítette a levélér barna elszíneződése, amelyet fenotípusos markernek tekintettek. A barna pigmentáció összefüggésben volt továbbá a lignifikált szövettel, kéreggel és a szállító edénnyalábokkal. **GUPTA (1995)** alapján, a kromoszómákon lokalizált *bm*-géneket elemezték az SSR-PCR-módszerrel.

GYULAVÁRI et al. (2003 a) szerint a visszakeresztezés módszere alkalmas lehet a gazdaságilag értékes gének bevitelére a donorszülőből a javításra váró fajtába abból a nemesítési célból, hogy később javuljon a silókukorica-hibridekből készült szilázsok minősége. A kukoricahibridek apai vonalának átalakításához a *W 9 bm₃* donorvonalat, az anyai vonal átalakításához pedig az *A 344 bm₃* vonalat használták. A BC harmadik-negyedik generációjában a növények a vegetatív részeikben a rekurrens szülő típusát vették fel. A donor és a *bm₃* nemzedékek között is a növénymagasságban és a tenyészidőben találták a legnagyobb különbséget. Az analógok és a *bm*-nemzedékek hasadási aránya 3:1.

A *CG W 9 bm₁* gént hordozó változatánál mérték a legalacsonyabb cellulóztartalmat (23,4%), amelyhez képest a *bm₃* változat is magasabb értéket mutatott (29,8%) és a normál analóg is gazdag volt cellulózban (34,7%). A silókukorica minőségjavító nemesítésének célkitűzése napjainkban is a szilázs lignintartalmának csökkentése.

MARTICSEK et al., 1991 a lignin keresztkötés számának és a cellulóztartalomnak meghatározó szerepe volt a szárszilárdság kialakításában is. Egy *bm₁* (*Szv-293*) és egy *bm₄* (*GK-79*) mutánst, valamint három vadkukorica-faj (teosinte) lignin- és rostösszetevőinek változását hasonlították a kontroll növényekhez.

Az analízis eredményeként igen magas (közel 20%) nyersfehérje-tartalom mellett egy speciális rosteloszlást tapasztaltak, amelyben a lignin- és hemicellulóz-tartalom magasabb, és a cellulóztartalom alacsonyabb értéket mutatott.

UNDERSANDER et al., 1993 szerint a savdetergens rosttartalom (ADF) 3%-kal, a neutrális detergens rosttartalom (NDF) 2%-kal alacsonyabb értéket mutatott a brown midrib kukoricával végzett kísérletben, mint a hagyományos kukoricánál. **BARNES et al., 1971; COLENBRANDER et al., 1973; EL-TEKRIT et al., 1976; BEDŐ és SZILVA, 1982** alapján a lignintartalom csökkenésével szignifikánsan növekedett a szárazanyag emészthetősége.

Az egyes növényi részek emészthetősége a szárnál és a levélhüvelynél volt a legjobb. **GYULAVÁRI et al. (2003 b)** alapján elvégzett takarmányozási kísérlet bebizonyította, hogy az alacsonyabb lignintartalom következtében javuló emészthetőségi tulajdonságok hatására növekedett azoknak a tejelő szarvasmarha-állományoknak a tej- és hústermelése, amelyeket brown midrib kukoricából készült szilázssal takarmányoztak. A kísérletbe vont *Experimentál 1 bm₃* kukorica a szárazanyagtermésében és az energiatartalmában is kedvezőbb eredményeket mutatott, mint az *Sze 247 TC* hibrid. Az *Experimentál* hibrid az állatok életfenntartáshoz szükséges NE_m 6,86 MJ/kg szárazanyagot és a testtömeg gyarapodáshoz szükséges NE_g 4,32 MJ/kg szárazanyagot tartalmazott. Az *Sze 247 TC* hibrid NE_m 6,74 MJ/kg és a NE_g 4,22 MJ/kg értéket mutatott.

A silókukoricánál jelentkező kiváló emészthetőség és a nagyobb levél- és szártömeg kompenzálhatja a brown midrib hibrideknél előforduló kevesebb mennyiségű szem- és szártermést. **FRENCHICK et al. (1976)** kísérletében a brown midrib hibrideknél szemterméscsökkenést és kevesebb mennyiségű silótermést tapasztaltak, mint a normál izogénjeik esetében. **LEE és BREWBACKER (1984)** által bemutatott vizsgálatban a brown midrib hibridek leveles szártermése 17%-kal, a szemtermésük 20%-kal kevesebb volt, mint a normál analógoké. **BARRIERE et al. (1998)** termesztési kísérleteiben a *bm₃* hibridek átlagos szemtermése 2,5 t/ha-al kevesebb volt, mint a normál hibridek átlagos hozama. A könnyű emészthetőséget előidéző *bm₃* hibridek alacsony lignintartalma kapcsolt a termesztés számára több negatív tulajdonsággal, mint például a csökkent mennyiségű szárhozammal és szemterméssel (**MILLER et al., 1983; WELLER et al., 1985**), valamint a gyengébb szárszilárdsággal (**GALLAIS et al., 1980; KEITH et al., 1981**). **PINTÉR és NÉMETH (1981)** vizsgálata szerint a kukorica lignintartalma és állóképessége között nincs szoros összefüggés.

A brown midrib kukorica szárának cellulóz- és lignintartalma között, valamint a szár állóképessége és cellulóztartalma között **GYULAVÁRI és MÁTHÉNÉ GÁSPÁR (1990)** a következő korrelációs koefficienseket állapította meg: lignin- és cellulóztartalom között $r=0,6376$, továbbá a cellulóztartalom és az állóképesség között $r=0,2294$.

A *bm* kukorica genotípusokat az ezzel összefüggő megdőlési problémák miatt korábbi fenológiai stádiumban kellett betakarítani. **ZUBER et al. (1977)** vizsgálata alapján a *bm₃* gént tartalmazó kukorica genotípusoknak 17-26%-kal kevesebb volt a szártömege és a törési ellenállása. Az elmúlt évtizedekben a silókukorica termésének és minőségének javulása a megnövekedett szemtermésnek volt köszönhető. A szárfrakció minőségében is bekövetkezett némi változás (**LAUER et al., 2001**). A nemesítők a brown midrib kukoricahibridek előállításával javíthatják a kukoricaszilázs beltartalmának minőségét. Az intenzív tehenészetekben a brown midrib kukoricából készült szilázs etetése javasolható, mert a takarmány kitűnő emészthetőségi tulajdonságai miatt kevesebb mennyiség is elegendő, hogy felvegyék a teljesítőképességükhöz szükséges tápanyagot. A tejtermelés a *bm*-kukoricából készült takarmány tonnájának etetésekor 4%-kal növekedett a tejtermelő állományokban. A húsmarha testtömege is növekedett.

Az alacsonyabb lignintartalom miatt jobb lehet az éghetősége és a biogáz kihozatala is a *bm₃* kukoricáknak (**GYULAVÁRI et al., 2012**). **EASTRIDGE (1999)** vizsgálatai kimutatták, hogy a brown midrib kukoricából készült szilázs 34%-kal kevesebb lignint tartalmazott és az in vitro NDF emészthetősége 19%-kal magasabb értéket ért el, mint a nem-*bm₃* kukoricaszilázs értéke. Nehéz nemesítői feladatnak tűnik a minőség javítása, hiszen az alacsony lignintartalom kapcsoltságot mutat a következő agronómiailag hátrányos tulajdonságokkal: kevesebb szemtermés, gyenge állóképesség, nagyobb szártörés arány és a molyfogékonyság. Az említett hátrányos tulajdonságok miatt a brown midrib hibridek a köztermesztésben még nem terjedtek el.

2.2. A silókukorica-nemesítés irányvonalai és szempontjai napjainkban

A gazdaságok tömegtakarmány-bázisából a legtöbb energiát a silókukorica adja (**SCHMIDT, 1984**). **TÓTHNÉ ZSUBORI et al., 2005** alapján a silókukorica-hibridektől elvárt legfontosabb agronómiai tulajdonságok a következők voltak: növény- és fűcsőmagasság, a csőeredés aránya a növénymagassághoz viszonyítva, cső feletti levélszám, levelesség foka, levélterületi index, növényenkénti szárazanyagtermés és a cső, a levél, a szár részaránya az összes növényi szárazanyagon belül **PINTÉR (1988)**

összevetette a silókukorica egységnyi levélfelületre eső szárszilárdsági értékét a lignintartalommal. Ez az összefüggés gyenge, ebből arra következtek, hogy a silókukoricánál hátránynak számít a jó szárszilárdság. Vizsgálati eredmények igazolták, hogy a szárszilárdságért leginkább felelős lignin aránya erőteljesen megnőtt a konvencionális silókukorica-hibridekben (**BARRIÈRE et al., 2005**).

HEGYI et al. (2009 a) leafy (leveles) és nem-leafy silókukorica-hibridek morfofenometriai és minőségi tulajdonságait elemezte 2007-ben és 2008-ban. A vizsgálatok alapján megállapította, hogy a leafy hibridek mindkét évben átlagosan nagyobbra nőttek (274 cm 2008-ban és 238 cm 2007-ben) mint a nem-leveles hibridek. A növénymagassággal szorosan korrelált a főcsőmagasság. A kísérletben szereplő leveles hibridek főcsőmagassága mindkét évben alacsonyabban helyezkedett el (102 cm 2007-ben és 111 cm 2008-ban, mint a nem-leveles hibrideké (104 cm 2007-ben és 113 cm 2008-ban). A hibridek alacsony csőeredési magassága összefüggött a mérsékeltebb szármegdőléssel.

Az agronómiai tulajdonságokon belül lényeges elem a silóhibridek terméselemeire vonatkozó, mérvadó fenometriai paraméterek amelyek a következők voltak: egyedi csőtömeg-produkció, ezerszemtömeg, csőhossz, és a növényenkénti csőszám. A leafy hibridek nagyobb biomassza tömege több szem- és szárazanyagtermést eredményezett. A leveles hibrideknél a nagyobb hektáronkénti hozamokhoz nagyobb ezerszemtömeg és hosszabb csövek társultak mindkét vizsgálati év átlagában. A leafy mutánsok kettővel több cső feletti levéllel rendelkeztek, mint a hagyományos kukoricahibridek. A **SHAYER (1983)** által leírt domináns *Lfy1*-gén hatására kialakult nagyobb levélszám hatására megnövekedett a növény összes asszimilációs felülete, aminek eredményeként több szénhidrát képződött a levelekben és a szárban (**DWYER et al., 1995; PINTÉR et al., 2007**). A fiatal levelekben képződött asszimilátum gyorsabban áramlott a szemtermésbe, mint a cső alatti idősebb levelekben képződött asszimilátum (**SUBEDI és MA, 2005**). A gyors szénhidrát vándorlás következtében nagyobb lett a csőtermés egyedi produkciója a leafy hibrideknél. **ANDREWS et al. (2000)** vizsgálatai alapján a levelek nagyobb részaránya az összes növényi szárazanyagon belül, valamint a levelek nagyobb szénhidráttartalma kedvezően befolyásolta a szilázs emészthetőségi tulajdonságait. **JÓZSA (1981)** szerint a 35-40%-os betakarításkori szárazanyag-tartalomnál levágott silókukorica teljes növényi szárazanyagának 55-65%-a is lehet a cső részaránya. **SPITKÓ et al., 2005** munkái alapján megállapítható, hogy a leafy hibridek nagyobb cső feletti levélszáma és a szár szárazanyagon belüli kisebb részaránya javíthatja a beltartalmat.

PINTÉR et al., 2010 a leveles kukorica-hibridek szárában alacsonyabb lignintartalmat mért, növekedett a zöld- és a szárazanyaghozam, valamint a több levél miatt megnyúlt a betakarítás ideje.

CARTER et al. (1991) alapján a silókukorica-hibridektől elvárt minőségi tulajdonságoknak a következőket tekintették: magas szárazanyagtermés és fehérjetartalom, jó emészthetőség, alacsony rosttartalom és optimális betakarításkori szárazanyag-tartalom. A silókukorica beltartalmi minőségét is meghatározó tulajdonságok a keményítőtartalom, a fehérje mennyisége és minősége, az aminosav-garnitúra, a létfontosságú aminosavak aránya a szárazanyagon belül, az emészthető zsír-, rost- és lignintartalom mennyisége. A silókukorica alacsonyabb lignintartalmával összefüggött a biogáz jobb éghetősége és minősége.

A szilázs minőségi tulajdonságai emészthetőségi paraméterekkel jellemezhetők. A kukoricaszilázsból készült takarmány minőségét meghatározó legfontosabb tulajdonság a betakarításkori szárazanyag-tartalom. **(OROSZ et al., 2003)** vizsgálatai alapján a silókukorica-szilázs betakarításának optimális időpontja akkor volt, amikor az egész kukoricanövény 30-40% szárazanyag-tartalommal rendelkezett. **FARKAS et al., 1977, SZÉKELY, 1981** kísérletei alapján a szilázsban az optimális erjedési feltételek 35-40%-os betakarításkori szárazanyag-tartalomnál alakultak ki. **DARBY és LAUER, 2002** vizsgálatai alapján a szilázs emészthetősége függött a betakarításkori szárazanyag-tartalomtól (30-40%) és a növény érettségi állapotától. A silókukorica-hibridekből készült szilázs emészthetőségére a nyersfehérje- és a nyerszsírtartalom pozitív, a nyersrost, az ADF és főleg a savdetergens lignin (ADL) negatív hatású volt. **TÓTHNÉ ZSUBORI és MARTON L., 2011** a alaposabban tanulmányozták az emészthetőségi paraméterek közötti összefüggéseket és azok eloszlását az egyes növényi részekben. A kísérleteikben megállapították, hogy a levelek nyersfehérje- és nyershamutartalma volt a legmagasabb az összes növényi rész közül. **(BAL és BAL, 2009; METHU et al., 2001)** szintén arra a megállapításra jutottak, hogy a nyersfehérje-tartalom a levelekben a legtöbb és a szárban a legkevesebb. **SAMIR et al., 1999** vizsgálatában szoros pozitív korrelációt írt le a szár cukortartalma és a sejtfal emészthetősége között. A rosttartalmat a szárban mérték a legtöbbnek és a lignin legnagyobb részét is itt találták, főként a cső alatti szárrészen **(BOON et al., 2008)**. A cső azon belül is a szem rost- és lignintartalmát mérték a legkisebbnek, ezért az emészthetőségét is a legjobbnak tekintették a növényi részek közül **(ESTRADA-FLORES et al., 2006)**.

(BEDŐ és BOGYAI, 1981) szerint a növények érésének előrehaladtával növekedett a betakarításkori szárazanyag-tartalom, amivel párhuzamosan csökkent a nyersfehérje- és a nyersrosttartalom. A szárazanyag- és a nyersfehérje-tartalom között nagyon gyenge negatív kapcsolatot talált (MOLNÁR, 1997). Ezzel ellentétben a VÁRHEGYINÉ, 1982, VÁRHEGYI et al., 1982, TÓTH et al., 1984, SCHMIDT, 1993 mérései szerint a szárazanyag-tartalom a növény minden minőségi, beltartalmi és energiatartalmi mutatójával szoros kapcsolatba hozható. MARTEN et al. (1975) analízise alapján a nyersrost, a neutrális detergens rost, és a savdetergens rost szorosan korreláltak egymással. Továbbá a savdetergens lignintartalom és a nyersrost mennyisége között is szoros a kapcsolatot találtak. SIBALE et al. (1992) vizsgálata alapján a szárszilárdság növelésére irányuló szelekció hatására nőtt a szár rosttartalma. RIBOULET et al. (2008) mérése alapján megállapítható, hogy a lignin összetevői közül a hemicellulóz pozitív korrelációban állt a sejtfal emészthetőségével.

A szár szerkezetét és összetételét BOON et al. (2005) alaposabban is tanulmányozta. A 7. internódium részletes vizsgálata alapján azt találták, hogy az internódiumok végeiben található a legtöbb cukor és a legkevesebb rost (NDF, ADF, ADL). A hagyományos silókukorica-hibridek emészthetőségi tulajdonságait vizsgálva több szerző is beszámolt a lignin negatív hatásairól (ARGILLIER és BARRIÈRE, 1996; BARRIÈRE et al., 1991; GRABBER, 2005). A nagyobb lignintartalom a rostok lebonthatóságát, ezáltal a teljes növény emészthetőségét rontotta.

A nemesítési célkitűzések irányulhatnak a kukorica-hibridek lignintartalmának a csökkentésére is abból a célból, hogy javítsák a kukoricaszilázs emészthetőségét, és ezáltal növeljék a tejelő szarvasmarha állományok tejtermelését. A kukoricanevelítők célkitűzésként a minőség javítására koncentrálnak, ennek érdekében különleges tulajdonságokkal rendelkező hibrideket (*brown midrib*, *leafy*) állítottak elő és vizsgáltak (COX és CHERNEY, 2001). Ezekben a mutánsokban a *bm* gén hatására a növényi szövetek lignintartalma alacsonyabb volt. BARRIÈRE et al. (1994) különböző típusú *bm* hibridek vizsgálata alapján azt a következtetést vonta le, hogy a *bm₃* gént tartalmazó növényekben a lignin kevesebb és kondenzáltabb polimerek formájában van jelen. BAL et al. (2000) alapján a rostok (NDF) emészthetősége jobb a *bm* hibridekben, és a teljes növény emészthetősége is jobb, mint a normál kukorica-hibrideknél OBA és ALLEN, 1999 vagy a *leafy* hibrideknél (MUSTAFA et al., 2005).

A szilázs emészthetőségének javítására további nemesítési célkitűzések történtek. A nemesítői tevékenység egyik célkitűzése a fehérjetartalom és az esszenciális aminosav-összetételének javítása volt (**BÁLINT 1977, KRALOVÁNSZKY és MANNINGER, 1985**). A kukoricanemesítésben az anyagcsere mutánsok a növények beltartalmi tulajdonságait kedvező irányba változtatták. A mutáns vonalak szerepét a fehérjetartalom növelésében **PEPÓ és PÁSZTOR (1985)** is vizsgálta.

Nemesítői kísérletek irányultak az *Opaque-2* mutánsok megjelenésével (**PINTÉR et al., 1991**). A kukoricafehérjében nagy mennyiségben található zein és kevés benne az értékes lizin és a triptofán. A szemes kukorica minőségjavító nemesítése azért is szükséges, mert a kukoricafehérje minőségét döntő mértékben a limitáló aminosavak, a lizin-, a metionin-, a cisztein- és a triptofán-tartalom határozza meg. **WATSON és RAMSTADT, 1991** a mutáns *Opaque-2* gént tartalmazó kukorica szemtermésében 4% lizintartalmat találtak a normál kukorica 1,8%-os értékével szemben. A Quality Protein Maize (QPM) kukorica keményebb szemű, mint a normál endospermiumú kukorica és magasabb a lizintartalma. **PÁSZTOR et al., 1996** vizsgálataiban *Opaque* mutáns vonalak és a belőlük nemesített háromvonalas kukoricahibridek nyersfehérje-tartalmát és esszenciális aminosav-tartalmát elemezte. Az *Opaque* mutáns vonalak nyersfehérje-tartalmának intervallum értéke 10,97-12,86%-ig terjedt, míg a háromvonalas hibridek esetében 9,15-10,15% volt a nyersfehérje-tartalom. Az *Opaque* mutáns kukoricavonalak esszenciális aminosav-tartalmának mennyisége a következők szerint alakult: cisztein (1,45-4,59 g/100 g fehérje), metionin (2,21-3,36 g/100 g fehérje), lizin (2,41-2,65 g/100 g fehérje). A háromvonalas *Opaque*-géneket hordozó kukoricahibrideknél a ciszteintartalom intervallum értéke 3,76-4,54 g/100 g fehérje, a metionin-tartalom határértékei 2,96-3,29 g/100 g fehérje, míg a lizintartalom értékei 2,35-2,46 g/100 g fehérje volt.

PÁSZTOR et al., 1997 mérte a *De TC 382* háromvonalas kukoricahibrid szemtermésének nyersfehérje- és esszenciális aminosav-tartalmát. A vizsgálatokat egymás követő két évben 1995 és 1996-ban végezte és az eredményeket a két év átlagában közölte. A nyersfehérje-tartalom átlagos értéke a *De TC 382* hibridnél 11,57%-os volt. A létfontosságú aminosavak mennyisége a *De TC 382* hibridnél a következő értékeket érte el: ciszteintartalom 1,20 g/100 g fehérje, a metionin-tartalom 2,27 g/100 g fehérje, míg a lizintartalom 2,72 g/100 g fehérje értékek voltak. **BERTOIA et al., 2002; FREY et al., 2004** alapján a szülőtörzsek beltartalmi paramétereinek és emészthetőségének ismeretében következtethetünk a hibridjeik emészthetőségére, ami megkönnyíti a vonalak szelektálását.

2.3. Heterózishatás- és összefüggés-vizsgálat a mag beltartalmi paramétereiben

A kukoricaszem tartaléktápanyagát az endospermiumban található keményítő képezi. A kukorica csíraolajat és fehérjét tartalmaz nagy mennyiségben. A szemtermés fehérjéinek 40%-a zein, amelynek tápértéke igen csekély, ezért a többi növényi rész fehérjetartalma is fontos. **HEGYI et al., 2009 b** vizsgálataiból látszott, hogy a kukorica szemtermésben minél nagyobb mennyiségben találtak keményítőt, annál nagyobb volt a szemtermés mérete. A fehérjetartalom és a szemtermés mérete fordított korrelációban állt egymással. **TÓTHNÉ ZSUBORI et al., 2010** vizsgálataiban a kukoricaszem keményítőtartalmát a szemtípus és a tenyésztés is befolyásolta. A korai érésű hibridek általában kevesebb keményítőt tartalmaztak, mint a későbbiek.

A kukorica szemterméséből a magas keményítőtartalmánál (60-85%) és az alacsony fehérjetartalmánál (7-12%) fogva bioetanol készíthető **MOLNÁR és GYÓRI, 1996. BALLESTEROS et al., 1993** részletesen tanulmányozták a bioetanol-előállítás lépéseit, amely az alábbi szakaszokból állt: 1. előkezelés, 2. enzimatisz hidrolízis, 3. fermentáció, 4. desztilláció és dehidratálás. A kukorica szemtermésének előkezelése során az alapanyagot száraz- vagy nedves őrléssel készítették elő az enzimatisz hidrolízisre. Az enzimatisz hidrolízis folyamán a kukorica-keményítőt amilázok bontották glükózzá, amelyet a mikroorganizmusok bioetanollá alakítottak. A desztilláció és a dehidratálás szakaszai után vízmentes bioetanolt kaptak. A keményítőtartalom fokozása és a hektáronkénti hozamok növelése (ezerszemtömeg növelése) lényeges a bioetanol iparban történő felhasználás szempontjából. **HEGYI et al., 2007** kísérleteiben az átlagtermés növekedésekor növekedett a keményítő felhalmozódása a szemekben, miközben csökkent a fehérje- és az olajtartalom. **BAI és SÍPOS, 2009** termesztési kísérleteiben a kukoricahibridek különböző technológiákkal termesztették bioetanol-előállítás céljára. Megállapították, hogy low input rendszerben termesztetők sikeresen bioetanol-előállítás céljára kukoricahibridek. A szem nagy keményítőtartalma szoros pozitív összefüggést mutatott az ezerszemtömeggel és a termésátlaggal.

A szemes kukorica széles körben felhasználható takarmány- és energianövény. **BOROS és SÁRVÁRI, 2009** kísérleteiben a több keményítő- és a kevesebb fehérjetartalmat párosította a kiterjeszthetőséggel. A kukorica kiterjeszthetősége a növény expanzióját, azaz minél szélesebb körben való elterjesztését és minél több területen való termesztését jelenti. **YULING et al., 2009 a** a fehérjetartalom negatív korrelációban volt a keményítő- és olajtartalommal. **SÍPOS és UNGAI, 2007** a kísérleteikből megállapították, hogy az alacsony fehérjetartalmú hibridek ideális anyagok a fermentáló iparban.

RÉCZEY, 2005 mérései alapján a kukorica szemterméséből 330-350 liter/tonna fajlagos finomszesz állítható elő. **CSAPÓ (2007)** kísérleteiben a kukorica 6 t/ha-os termésátlaga 2300 liter/ha átlagos bioetanol-hozamot eredményezett. **GYŐRI et al., 2008** analízisei alapján a vizsgált kukoricahibridek fehérjetartalma 9,16-9,97% értékekig, míg a keményítő-tartalom 71,09-72,7%-ig terjedt. **SINGH et al., 2009** szerint a GEM x Mo17 keresztezések esetén a keményítőtartalomnál magas szülői heterózist tapasztaltak és alacsony heterózis mutatkozott a fehérjetartalom esetében. **RODRIGUES, 2006** tanulmányaiban megállapította, hogy a heterózisnak jelentős hatása volt a szemtermésre. **VASAL et al., 1993** szerint a heterózis függött a populációkban jelen lévő domináns hatástól és a gén gyakoriságtól. **EYHERABIDE et al., 1995** a szerint a gabonafélék keményítő-tartalma a divergens szelekció alapját képezheti.

SHERRY et al., 2009 kísérletében a teosinte (kukorica őse), a tájfajták és a beltenyésztett kukoricavonalak magösszetételét hasonlította össze. A kísérletből kitűnt, hogy magasabb volt a teosinte protein-tartalma és alacsonyabb a szénhidráttartalma, mint a beltenyésztett vonalaknak és a tájfajtáknak. A vizsgált teosintek átlagos protein-tartalma 28,71%, a szénhidráttartalma 52,92% volt. A kísérletben szereplő kukorica-tájfajták protein-tartalmának átlaga 12,13%, és a szénhidráttartalmának átlaga 71,16%-ot mutatott. A vizsgálatban szereplő kukorica beltenyésztett vonalak átlagos fehérjetartalma 11,11%-os volt, míg a szénhidráttartalma 72,37%-ot mutatott.

PÁSZTOR et al., 1998 vizsgálta a *De SC 351*, *De SC 377* és a *De TC 382* kukoricahibridek és azok szülőtörzseinek fehérje, rost-, keményítő- és az esszenciális aminosav-tartalmát az 1996-os és az 1997-es években. A kísérletből megállapította, hogy a nyersfehérje-tartalom 1996-ban nagyobb értéket mutatott mind a szülőtörzseknél (11,08-11,97%), mind a hibrideknél (10,67-11,43%). A *De SC 377* hibrid nyersrosttartalmának értéke 3,22%, az anyai szülőtörzsnél 2,6%-os, az apai szülőtörzsnél 3,96%-os nyersrosttartalmat mértek. A keményítőtartalom a vizsgált hibrideknél (62,42-68,91%) magasabb értékeket mutatott, mint a szülőtörzseknél (56,33-66,77%). A szülőtörzsek lizintartalomban (3,11-3,30%), metionintartalomban (1,82-2,71%) gazdagabbak voltak 1997-ben. A magasabb ciszteintartalmat (0,94-1,115) a mértek a szülőtörzseknél az 1996-os kísérleti évben.

2.4. A szemescirok genetikai variabilitásának növelése és minőségjavítása mutációval

A nemesítési anyag diverzifikálására kémiai és fizikai mutagén faktorokat alkalmazhatunk. Röntgensugárzással kiváltott mutációk a következők: változékonyság növekedése, klorofill-defektusok, meddőség. Mutagén hatása volt a gamma és a termál neutron sugaraknak is. A kolchicin (csíranövényre adagolva) részben genom mutációkat (tetraploid és oktaploid alakokat), részben génmutációkat (morfológiai változások, sterilitások, levélfoltosságok, elhalások) váltott ki (**BARABÁS, 1962**).

A klorofill-mutációk kiváltásában a különböző kémiai és fizikai mutagén faktorok hatékonysága az alábbi sorrenddel jellemezhető: diethyl-szulfát (DES)<röntgen-sugárzás (X-rays)<gyors neutron-sugárzás (Nf)<etil-metilszulfonát (EMS)<forró neutron (Nth). A morfológiai mutációkat kiváltó mutagénforrások hatékonyságának sorrendje a következő: X-rays <DES <EMS <Nth <Nf (**BOZZINI és MUGNOZZA, 2003**).

Az első mutációs nemzedékben (M_1) **BHASKARA és REDDI (1975)** fokozottabb produktív bokrosodást, csökkent fertilitást tapasztaltak, valamint a tömöttebb bugákból származó magvak vörös színűek, míg a félig tömött bugákból származó magvak mészkő-fehér színűek voltak a kontroll növényekhez viszonyítva.

Az M_2 -nemzedékben a sugárzás fenotípusosan megjelenő klorofill-defektusokat váltott ki (**RAMULU és RANGASAMY, 1972**). A mutáció a klorofilltartalom különböző mértékű csökkenését, a levelek, és a toklász hosszanti fehér csíkozódását, zsenge állapotú fehér magvak kialakulását okozta. A szántóföldi tesztek során a fényintenzitásra érzékeny klorofill-mutáns, a *gs* (3) egyszerű recesszív öröklődést mutatott zöld növényekkel keresztezve, míg a zöld növények az F_3 nemzedékben szegregálódtak, igazolva, hogy a mutáns egy recesszív allél kontrollja alatt van. A klorofill-mutáns esetében semmilyen szegregációs arányt nem lehetett megállapítani, ami azt jelenti, hogy a mutáns allél fényintenzitás által szabályozott. A klorofill-hiányos tulajdonság egy transzpozíciós genetikai rendszer hatásának eredménye lehetett (**LIANG és KOFOID, 1998**).

Az M_3 és az M_4 nemzedékekben redukált mennyiségű virágzó növényt, illetve buga nélküli mutánsokat is megfigyeltek. Néhány mutáns esetében, mint ahogyan a (bloomless) *bm₄*, *bm₅*, *bm₉* és a *h₁₀*-nél tapasztalták, a mutáció hatására a hosszú szénláncú szabad zsírsavak, a C_{28} és a C_{30} mennyisége csökkent, ennek következtében a zsírsav bioszintézis végterméke, a leveleket beborító epikutikuláris viaszréteg is elvékonyodott. A vékony viaszréteg miatt nagyobb volt a növény a párologtatása, romlott a vízfelhasználás hatékonysága a buga nélküli és a redukált bugával rendelkező mutánsoknál a normál állományhoz viszonyítva (**JENKS et al., 2000**).

Az M_4 generációból származó virág nélküli és ritkás virágú, megváltozott epikutikuláris viasztartalommal rendelkező mutáns növények magjait és nem-mutáns testvérvonalak reakcióit hasonlították össze (**PREMACHANDRA et al., 1994**). Öntözött körülmények között a ritkás virágú mutáns jobb vízhasznosítást mutatott, mint a normál vonal. A nem-öntözöttek között a mutánsok rosszabb vízhasznosítást mutattak, mint a normál vonalak. A vízveszteség nagyobb volt a virág nélküli és a ritkás virágú vonalakban, mint a normál vonalakban. Besugárzással indukált bloomless (virág nélküli) mutáns szemescirkot (KFS2021) keresztezve virágot tartalmazó keresztezési partnerrel az F_2 -nemzedékben vékonyabb volt az epikutikuláris viaszréteg, magasabb volt a növény vízhasznosítása és alacsonyabb a levél guttációja (**BUROW et al., 2008**).

2.5. A cirokszárle komponenseinek bemutatása fenofázisonként és a lényérés metodikája

A cukorcirok takarmányozási és ipari értéke a szárban lévő cukortartalom miatt kedvezőnek tekinthető. A növény föld feletti részének 77-84%-a szár. **LIPPMAN (1895)** mérései szerint az édescirok szára 10-14% szacharózt tartalmazott és invertcukor is volt benne, melyben a glükóz és a fruktóz aránya 1:1-nek számított.

A cirokszárát a préselés előtt 5-10 cm-es darabokra aprították azért, hogy a ciroklevet könnyebben nyerhessék ki. A lének 15-22%-os az összes cukortartalma. Az etanol kihozatal legfontosabb tényezőinek számítottak a biológiai alapok, a cirokszár tömege, a hektáronkénti tőszám és az oldható cukrok koncentrációja (**KOVÁCS et al., 2011**).

Az édescirok levének kinyerésére általában a préselést alkalmazták. A ciroklé kipréselésének módzatait **RÁSONYI PAPP (1943)** brosúrája részletesen leírta. A cirokszárát a szőlőzúzon áteresztve zúzták, és szőlőprésen sajtolták ki belőle a levet. A préselés a leghatékonyabb (54%-os) lett ezzel a módszerrel. A háromhengeres cukornád-présen 50-100 tonna szárát préseltek ki. A lé maximális kipréseléséhez a szárat kétszer-háromszor húzták át (**NANDINI et al., 2006**).

A cirokszár két részből épül fel: a külső támasztószövetekből, amelynek magas a cellulóztartalma. A belparenchyma sejtek kevesebb (14%) rostanyagot, és 86% levet tartalmaztak. A bél léhozama 28-32000 l/ha, cukorhozama ebből adódóan, 15%-nál 4,2-4,8 tonna/ha, amely 0,6-os szorzóval számolva 2500-2900 l 96%-os alkohol-előállítására volt elegendő (**TÁLAS, 2009**).

A préselési arány meghatározásával kiszámítható a présle cukormennyisége. **ÁBRAHÁM, 2011** számításai alapján 50 t/ha cirokszárból 4,5-5 tonna cukrot nyert ki, amelyből 2000 liter 96%-os bioetanol erjesztett.

A cukorcirok (*Sorghum dochna* L.) a silóciroknek egy hasznosítási iránya. Szára lédús, a szárlé 14-17% cukrot tartalmaz, ezért kiválóan erjeszthető, bioetanol-gyártásra alkalmas (**PÁL és RAJKI, 2010; VOCA et al., 2007**). A silócirkot, a szudánifüvet és a szemescirkot kiemelkedő zöld terméssel rendelkező megújítható energiaforrásoknak tekintették (**MARTINI et al., 2006; VAUGHAN-MARTINI et al., 2006**).

A cukorcirok szárában 43,6-58,2%-ban találtak vízdoldható szacharózt, glükózt, fruktózt és 22,6-47,8%-ban cellulózt és hemicellulózt (**DOLCIOTTI et al., 1998**). Az etil-alkohol készülhet szacharózból vagy poliszacharidokból (keményítő, cellulóz, inulin) (**SZAKÁL et al., 2007**). A bioetanol a szárból kinyert édescirok léből fermentálható (**BULAWAYO et al., 1996**). **ERDEI et al., 2010 a; ERDEI és PEPÓ, 2008 a; RONGHOU et al., 2008** szerint szoros pozitív összefüggés volt a szárban található szárazanyag-tartalom és a vízdoldható cukortartalom között ($R^2=0,8348$ és $R^2=0,9090$).

A cirokszár cukortartalma 13,4-20,2% volt **SMILOVENKO és POIDA (1999)** kísérleteiben. A cukorcirkok a refrakciósázalékos értékeik szerint a 12-13% alacsonynak, a 14-16% közepesnek, a 17-19% jónak, a 20% és azon felüli értékekkel rendelkezők kimagaslónak számítottak. **ANTAL et al., 2008** a cukortartalmat refraktométerrel mérték a szár 3. és 4. nódusza között. Magasabb refraktométeres szárazanyag-tartalmat mérték a középső internódiumokon, mint a szár többi részén (**KRISHNAVENI et al. 1984**). A 4. és a 6. internódiumban mérték a legmagasabb cukortartalmat. Az összes cukortartalom és a nem-redukáló cukortartalom növekedett a virágzástól a teljesérésig, mialatt a redukáló cukor csökkent (**CHANNAPPAGOUDAR et al., 2007**). A buga megjelenésétől számítva fokozatosan növekedett a nádcukor mennyisége.

CHOKKANA (1936) 31,5%-szárazanyagban 12% szacharózt tartalmazó cirokkal kísérletezett. A redukáló cukrok mennyiségét rézredukálási módszerrel és polarizálással meghatározták és a következő értékeket kapták viaszérésben: glükóz: 4,46%, fruktóz: 3,55%. Teljeséréskor ezek mennyisége 2,4%-ra csökkent. Éretlen növényben több a glükóz, mint a fruktóz, magéréskor azonos mennyiségű a két redukáló cukor. Az éréskor képződött keményítőtartalom mennyisége elérheti az 1%-ot. A gyorsan kicsapódó keményítő is akadályozta a cukor kikristályosodását (**VUKOV, 1947**).

A beltartalmi paraméterek közül az összes cukrot, valamint a redukáló cukrot Fehling-oldattal, valamint Luff-Schoorl-eljárással határozták meg. A szárazanyag meghatározására **VUKOV et al., 1977** a Zeiss refraktométer fokot használta.

RATNAVATHI et al., 2010 tanulmányaiban cukorcirok-hibridek (*Keller, SSV 84, Wray, NSSH 104 és a BJ 248*) összes cukor, redukáló cukortartalmát vizsgálták. Tanulmányozták továbbá a hibridek etanol kihozatalát és a léhozamát is. A vizsgált cirok-hibridek összes cukortartalma 18,62-21,05%-ig változott. A legmagasabb szacharóz-tartalmat (19,69%) a *Keller*-hibrid és a *BJ 248* (19,41%) érte el. 1 liter *Keller*-cirok hibridből préselt lé etanol kihozatala 12% (V/V) volt. A cirokhibridek összes léhozamának intervallum értékei 20,7-34,3 m³/ha. A vizsgált cirokhibridek összes alkoholhozamának intervallum értékei 1,5-4,5 m³/ha. A *BJ 248* hibridnél a redukáló cukortartalom 1,03%-os, az *SSV 84* cirokhibridnél 2,43%-os volt. Az etanoltermelés növekedett 24 órán keresztül. A redukáló cukortartalom mennyisége csökkent a magas etanoltartalom és az invertáz enzim aktivitása miatt. **BVOCHORA et al., 2000** az édesciroklében található cukorfermentálás folyamatához *Saccharomyces cerevisiae* élesztőgombát használt. Szintén *Saccharomyces cerevisiae*-t használt a kísérleteikben **RAJVANSI és NIMBKAR (2005)**. A kísérletük keretein belül amerikai édescirok-vonalakat kereszteztek indiai szemescirok-vonalakkal. A fermentált ciroklé 10-11% V/V összes fermentálható cukrot és 6% V/V etanolt tartalmazott. **GÖKSUNGUR és ZORLU, 2001; OGBONNA et al., 2001** fermentációs folyamataiban is az etanoltermelés hatékonyságának növekedéséhez vezetett az élesztőgomba. **LOVE et al., 1998** a ciroklé enzimes kezelése 50-60 °C-on történt, mert ebben a hőmérsékleti tartományban működtek optimálisan az enzimek (amilázok, cellulázok). Magas hőmérsékleten (40-50 °C-on) is jól növekedő és nagy mennyiségű etanolt termelő termotoleráns élesztőtörzseket alkalmaztak. Ezek közül kiemelkedő a *Kluyveromyces marxianus* törzsek hőtűrése. Az egyik legjobb hőtűrésű törzs az *IMB3*, amely eredeti izolátuma 52 °C-on is képes volt növekedni. **ERDEI, 2010 b** tanulmányokat készített a termotoleráns élesztőtörzsekről. A szerző a Debreceni Egyetem Élettudományi Intézetében a *CBS 712* törzset használta a kutatómunka céljára.

2.6. A silócirok-nemesítés irányvonalai és szempontjai napjainkban

A klimatikus változások hatására növekszik a jelentősége az olyan szárazságtűrő C₄-es növényfajok termesztésének és hasznosításának, mint például a kukorica és a cirok. A két növény különböző sorarányokban történő társításával a tömegtakarmányok táplálóanyag tartalmát is növelhetjük. **ERDEI et al., 2008 b** kísérlete alapján a cirokszilázs minőségét a

következő morfo-fenometriai tulajdonságok határozták meg: növénymagasság, tenyészidő, internódiumok hossza, internódiumok darabszáma, internódiumok átmérője, levélszám, levelesség foka, bokrosodási képesség, szárbél karaktere és a buga súlyaránya az összes növényi tömegben belül. A vizsgált beltartalmi tulajdonságok közül lényegesnek tekintették a betakarításkori szárazanyag-tartalmat, a szár refrakciósázalékát az összes cukortartalmat valamint a szénhidrátok összetételét. Ezek az értékmérő tulajdonságok a bioetanol-előállítás céljára nemesített hibrideknél is lényeges nemesítési célkitűzések lehetnek.

BARABÁS és BÁNYAI, 1965 tanulmányozták részletesen a cirkok morfológiáját. A tanulmányból megállapították, hogy a korai tenyészidejű cirkoknak kevesebb a levélszáma (4-9 db), mint a késői tenyészidejűeknek (15-18 db). A levelek száma elsősorban fajtatulajdonság, de változhat a növénymagassággal és az évjárattal is. **ERDEI et al., 2009** különböző tenyészidejű, államilag elismert cirokhibridekből (*Róna-4*, *Monori édes*, *Cellu édes*, *Sucro sorgho* és *G1990*) készítettek miniszilázst. A korai vegetációs periódusú cirokhibridek átlagos levélszáma *Róna-4* (6,66 db), *Monori édes* (8,00 db) volt. A késői vegetációs periódusú hibridek levélszáma *Cellu édes* (9,66 db), *Sucro sorgho* (10,00 db) volt. A rövid tenyészidejű hibridek közül kiemelték a *Róna-4*-et, amelynek növénymagassága 273,66 cm volt, ehhez 34,20 levelességi fok tartozott. A refrakciósázalékának 17,83% -ot mértek a viaszérésben. A hosszú tenyészidejű *Sucro sorgho* hibrid 294 cm-es volt, amelyhez 29,40 levelességi fok és 13,83% Brix-érték tartozott. A szárlé cukorfrakciói közül a fruktózt és a glükózt a FAO-400-as, szacharózt pedig a FAO-500-as érésidejű cirokhibrid-csoportokban találtak.

ERDEI és PEPÓ, 2008 c tanulmányában lemérte, 19 db cirokvonal értékmérő tulajdonságait. Megállapították, hogy az átlagos növénymagasság intervallum értékei 157,4-267,5 cm-ig terjedtek. A legalacsonyabb volt az RL_1 kódszámmal jelzett cukorcirok magassága. A legmagasabb értéket az RL_{19} kódszámmal ellátott restorer vonal érte el. A vizsgált cirkok a „magas” és a „nagyon magas” kategóriába tartoztak. A kísérletben szereplő vonalak a szárbél karaktere alapján a „nedves” kategóriába és a szárátmérő alapján a „közepes” és a „vastag” kategóriába sorolták.

A levelesség foka indexszámot a növénymagasság és a levélszám hányadosaként határozták meg. A cukorcirok vonalak levelesség fokának intervallum értékei 13,80-27,04-ig terjedtek. Azok a restoráló vonalak értékesek, amelyeknek a levelességi foka 18-nál több.

A vizsgált vonalak közül a legrövidebb volt az RL_4 tenyészideje, amelynek a kelésétől a virágzásáig 61 napot számoltak. A hosszú tenyészidejű vonalaknak (RL_9 , RL_{18}) a kelésétől a virágzásáig 76 nap telt el. Az RL_9 és az RL_{15} adták a legnagyobb mennyiségű levelet (306 ml és 182 ml), mindkettő jó refrakciósázalék eredményeket mutatott (15% és 18,4%). **PÁL, 2006** és **SIKLÓSNÉ RAJKI, 1995** ciroknemesítők tanulmányaikban azokat a rövid vegetációs periódusú cirokhibrideket ajánlották termesztésre a hazai klimatikus viszonyokhoz, amelyeket szilázs- és bioetanol-előállítás céljaira nemesítettek. Ezek a cukorcirok típusú silócirkok a következők: *Monori édes*, *Róna-1*, *Róna-4*, *Róna-5*. **PINTÉR et al., 1992** szerint a vegetatív és a generatív növényi részek arányától függött a zöld növényi tömeg beltartalma, szénhidrátkészlete és energiatartalma.

A silóhasznosítású cirokhibridekkel egységnyi területről nagy mennyiségű biomassza takarítható be, a cirok jó bokrosodó képességének köszönhetően. A jó bokrosodási készséggel rendelkező cirokfajták illetve hibridek nagyobb szárazanyaghozammal rendelkeztek, mint a kukoricahibridek, ezért a silókukorica átlagához képest mintegy 30%-os terméstopplett érhető el. A *Sucro sorgho* hibridnél 100 t/ha zöldhozamot mértek a betakarításkor. A cirok betakarított zöldtömegének szárazanyag-tartalma alacsonyabb, mert korábbi fenológiai stádiumban takarították be, mint a silókukoricát és a szár nedvességtartalma is magasabb volt.

AVASI és PÉTER (2007) részletesen leírta a cirokszilázs emészthetőségi jellemzőit. A cirok betakarításkori szárazanyag-tartalma 10-15%-kal alacsonyabb (26,75%), mint a kukoricáé (40,77%). A cirok szárlevében könnyen erjeszthető szénhidrátokat találtak, ezért a jól silózható tömegtakarmányok közé sorolták. A cirokszilázs szénhidrátokban gazdag, ezért az erjedés hamarabb megindult, amit a pH-csökkenése jelzett. A cirokszezska 1000 g szárazanyagában 87,1 g nyersfehérjét mértek, ami közel azonos a kukoricáéval (91,5 g/1000 g nyersfehérje). A magas cukortartalom mellett a cirok szárának magasabb a rosttartalma (274,4 g/100 g), mint a kukoricazezsckának (163,8 g/1000 g) és a cirokszár ligninben is gazdagabb. A szár magas lignintartalma csökkentette a cirokszilázs emészthetőségét, ami az alacsonyabb energiatartalomban jelent meg. Az alacsonyabb energiatartalmat ellensúlyozta a nagyobb szárazanyaghozam. **CHERNEY et al., 1991** vizsgálatai alapján a cirokban szoros negatív korrelációt állapított meg a sejtfalösszetevők és a szárazanyag emészthetősége között. **SHYMAN és JONBERT (1996)** szerint az érés előrehaladtával a cirokszilázsok szervesanyagának emészthetősége 67,4%-ról 58,00%-ra csökkent. A rostösszetevők a cirok szárának alsó részében halmozódtak fel.

Nagyobb tarlómagasságot hagyva csökkenthető a szecska lignintartalma és növelhető a szilázs emészthetősége. Az emészthetőség növelésére irányulnak a cirok nemesítési-programok, amelyeknek a nemesítési célkitűzése a lignintartalom csökkentése. Az alacsony lignintartalmú brown midrib cirokhibridek előállításával javítható a cirokszilázs minősége a takarmány könnyebb emészthetősége által. **BUCHOLTZ et al., 1980; CHERNEY et al., 1991; VOGEL és JUNG, 2001** takarmányozási kísérleteiből kiderült, hogy a brown midrib cirokból készült takarmány kevesebb lignint, több neutrális detergens rostot tartalmazott, ezáltal **GERHARDT et al., 1994** növelték az emészthetőséget. **CASLER et al., 2002; OLIVER et al., 2005; PEDERSEN et al., 2008; CASLER és JUNG, 2006** vizsgálataiban a takarmány növekvő emészthetősége negatív korrelációban volt a lignintartalommal néhány fűfélében, amelyeket energianövényként is hasznosítottak. **DIEN et al., 2006; CHEN és DIXON, 2007** eredményei szerint az alacsonyabb lignintartalom miatt a cirokból készült biomassa könnyebben alakítható át etanollá.

KLOPFENSTEIN és HOSENEY, 1995 alapján a cirok mag 8-16% nyersfehérjét tartalmazott. A cirokszemben a legmagasabb arányban található az alanin, glutaminsav, leucin és a prolin. **SINGH és AXTELL, 1973** kísérleteiben a cirokszem lizinben igen csekély értéket mutatott. **AXTELL et al., 1979** alapján egy mutáns recesszív gén hatására etióp cirokvonalakban a nyersfehérje-tartalom 15,7-17,2%-ra növekedett. A cirokszem proteintartalma 3,1-3,3 g/100 g értékre emelkedett. Mindkét mutánsvonalon az arginin, aszparaginsav, glicin és a triptofántartalom növekedett, míg az alanin, glutaminsav, leucin és a prolintartalom csökkent. **DOYLE et al., 2010** kétféle cirokmintában vizsgálta a fehérje tápértékét. Az egyik mintacsoport fehérjetartalma 7,9%, míg a másik mintacsoport fehérjetartalma 11,8%-os volt. A fehérjében gazdagabb mintacsoportban mind a 17 féle aminosav nagyobb értéket mutatott, mint a kisebb fehérjetartalmú csoportban. Mindkét mintában a lizin volt a legkevesebb de a kéntartalmú aminosavak, valamint a threonin mennyisége is alacsony volt.

THOKOZA (2005) dél-afrikai cirok F_1 -hibridek (*BR007AA x BR012R* és *BR001A x BR012R*), és azok szülői vonalainak a magjában lévő szénhidrát és fehérje összetevőit értékelte. A szénhidráttartalom a cirok magok legnagyobb részénél 70-90%-os volt. A vizsgált mintákban a fehérjetartalom értékei széles határok között mozogtak (7,1-21,5%). A vizsgálatok alapján arra a megállapításra jutott, hogy a hibridek szemtermése fehérjében szegényebb volt, mint a szülői vonalaké. Negatív heterózist számoltak a fehérjetartalomra nézve (-12,35%). Ezzel ellentétben nagymértékű pozitív heterózist tapasztalt a hektáronkénti hozamban (37,18%) és a növénymagasságban (23,7%).

A minőségjavító nemesítés a szemescirok esetében irányulhat a szemtermés fehérjetartalmának növelésére vagy az aminosav-összetétel megváltoztatására. Ezt a nemesítési célkitűzést követték **AXTELL et al., 1999**, akik indukált mutációval (kémiai mutagenézis) a normál vonalakhoz képest 60%-kal magasabb lizintartalmú vonalat hoztak létre (*Opaque* cirokvonal). A cirokszem takarmányozási értéke a fehérje és az energiatartalma alapján megközelíti a kukorica szemtermését. **EYHERABIDE et al., 1995 b** vizsgálataiban a vizsgált rekombináns beltenyésztett cirokvonalak proteintartalmának intervallum értékei 11,51-14,35%-ig terjedt, míg a keményítőtartalom 68,46-72,32%-os intervallum értékeket mutatott. **DONOUGH és ROONEY, 2007** szintén arra a megállapításra jutottak, hogy szoros negatív összefüggés volt a cirokmagvak fehérjéje a keményítőtartalommal ($r=-0,923$ és $r=-0,950$) valamint **YULING et al., 2009 b** az olajtartalommal. **HICKS et al. (2002)** szoros negatív korrelációt találtak a keményítőtartalom és a nyersfehérje-tartalom valamint a keményítőtartalom és az ezerszemtömeg között. Szoros pozitív korrelációt találtak a nyersfehérje-tartalom és az ezerszemtömeg között.

3. Anyag és módszer

3.1. A kukorica kísérleti rendszer jellemzői

A kukoricakísérlet beállítására a Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centrumának Kertészettudományi Intézetében a Genetika Tanszéken és Kabán, zárt kísérleti térben került sor 2008 és 2010 között. A kísérlet keretein belül az alábbi vizsgálatokat végeztem el:

Kétvonalas kukoricahibrideket nemesítettem bioetanol-előállítás céljára, amelyeket low-input körülmények között termesztettem. A szemtermés keményítő-fehérje és tartalmát vizsgáltam *Diode Array 7200 típusú* NIR-készülékkel a teljesérésben (**1. táblázat**). A hagyományos kukorica, cirok és azok 2:2-es vegyes vetéséből készült szántóföldi kísérletet állítottam be Kabán 2008-ban. A vizsgált szilázsmintákat összehasonlítottam az esszenciális aminosav tartalmuk alapján (**1. táblázat**).

Brown midrib és izogén analóg kukoricavonalakból álló kísérlet felszaporítását végeztem el 2009-2010 között. A vizsgálatok célja az volt, hogy a vonalakat és az egyes növényi részeket a detergens rosttartalom alapján összehasonlítsam (**1. táblázat**). Kispercellás szántóföldi kísérletet hoztam létre brown midrib és izogén kukoricahibridekből, cirokhibridekből és azok 2+2-es sorarányú keverékéből Kabán 2010-ben. A különböző szilázsmintákat összehasonlítottam az emészthetőségük alapján.

1. táblázat A kukorica kísérleti rendszere

Kísérlet időtartama	Kísérlet megnevezése	Kísérlet helye	Kísérlet célja
2008. 04. 15-2008. 10. 15.	Saját nemesítésű kétvonalas kukorica-hibridek termesztése low input körülmények között	DE AMTC MTK Kertészettudományi- és Növényi biotechnológiai Tanszék	A bioetanol-előállítás szempontjából lényeges beltartalmi tulajdonságok analízise a szemtermésnél
2008. 04. 23-2008. 08. 11.	Hagyományos kukorica, cirok- és vegyes vetés szántóföldi kísérlete	Kaba (zárt kísérleti tér)	Szilázsminták összehasonlítása az aminosav tartalmuk alapján
2009. 04. 10-2009. 08. 20.	Brown midrib kukorica-vonalak és izogénjeik fenntartó és felszaporító kísérlete	DE AMTC MTK Kertészettudományi Intézet	Brown midrib és az izogén vonalak növényi részeinek összehasonlítása a detergens rosttartalmuk alapján Hibrid-előállítás
2010. 04. 10-2010. 08. 15.	Brown midrib és izogén kukoricahibridek, hagyományos cirok és azok vegyes vetéséből álló szántóföldi kísérlet	Kaba (zárt kísérleti tér)	Különböző genotípusokból készült szilázsminták összehasonlítása az emészthetőségi tulajdonságaik alapján

3.2. A cirok kísérleti rendszer jellemzői

A cirokkísérlet beállítására a Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centrumának Bemutatókertjében került sor 2005-2010-ig. A háromgenerációs mutációs cirokkísérlet célja volt, hogy az agronómiailag hasznos mutánsokat felvételeztem az állomány morfo-fenometriai tulajdonságai alapján (**2. táblázat Melléklet**). Low-input körülmények között termesztett kétvonalas cirokhibridek szemtermésének minőségi tulajdonságait elemeztem 2008-ban a teljesérésében (**2. táblázat Melléklet**). A cirok szülői vonalakat fenntartottam és belőlük cukorcirok-hibrideket állítottam elő 2007-2010 között. A vizsgálat céljaként mértem a szárlé Brix-fokát, összes- és redukáló cukortartalmát valamint az alkoholtartalmát (**2. táblázat Melléklet**).

3.3. A kukoricanemesítési alapanyagok köre

A Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centrumának Bemutatókertjében saját nemesítésű kukoricavonalakból kétvonalas hibrideket állítottam elő keresztezéssel, amelyek alkalmasak voltak a bioetanol-előállítás és a szilázskészítés céljaira is (**3. táblázat**). A brown midrib saját nemesítésű kétvonalas kukoricahibrideket a szilázs minőségének javítása céljából nemesítettem. A *bm₃*-gént tartalmazó kukoricahibridek anyai- és apai vonalait Gyulavári Oszkár kukoricanemesítő bocsátotta rendelkezésemre (**3. táblázat**). A hagyományos kukoricahibridek a Szegedi Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kht. kísérleti telepéről származtak. A hagyományos és a brown midrib kukoricahibrideket tisztán is elvetettem és 2+2 sorarányban is társítottam cirokkal (**3. táblázat**). A szegedi kukoricahibridek az alábbiak voltak:

SzeTC 465

Kettős hasznosításra alkalmas, középérésű (FAO 450), háromvonalas hibrid, silócélú felhasználásra, *Róna-4* silócirokkal való vegyes vetésre alkalmas, kedvező a csőaránya, silótermesztésnél a javasolt növényszám: 65-70 ezer növény/ha.

Sze 521

Középkésői érésű (FAO 560), kétvonalas hibrid, kiemelkedő zöld- és szárazanyagtermés, kiváló szilázsminőség jellemzi, kedvező csőaránnyal rendelkezik. Intenzív tápanyag-bevitelt kíván a kiemelkedő termés potenciál kihasználásához, javasolt növényszám intenzív silókukoricaként a 70-75 ezer növény/ha.

3. táblázat Kukoricahibridek és szülői partnereik

Kukoricahibridek	Anyai vonalak	Apai vonalak
S ₁ x S ₄	S ₁	S ₄
S ₁ x S ₆	S ₁	S ₆
S ₄ x S ₆	S ₄	S ₆
S ₅ x S ₁	S ₅	S ₁
126 x S ₁	126	S ₁
GK49 izogén x GK42 izogén	GK49 izogén	GK42 izogén
GK49 bm ₃ x GK42 bm ₃	GK49 bm ₃	GK42 bm ₃
GK42 bm ₃ x GK43 bm ₃	GK42 bm ₃	GK43 bm ₃
GK42 izogén x GK43 izogén	GK42 izogén	GK43 izogén
SzeTC 465	(GK49 x GK59)	GK57
SzeTC 465 bm ₃	(GK49 bm ₃ x GK59 bm ₃)	GK57 bm ₃

3.4. A ciroknemesítési alapanyagok köre

A kukorica- és a cirokhibridek kombinációjából vegyes vetést alakítottam ki szilázskészítés céljára. A cukorcirok-hibrideket kontroll növényként alkalmaztam a saját nemesítésű cirokhibridek refrakciós cukortartalmának meghatározásánál.

A cukorcirok-hibrideket a Szegedi Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kht. és az Agroszemek Kft. bocsátotta rendelkezésemre. A kísérletbe vont cirok genotípusok az alábbiak:

Róna-4

A legjobb termőképességű, kiváló alkalmazkodóképességű középérésű, cukorcirok típusú silócirokhibrid. Termőképessége 80-85 t/ha zöld- és 25-28 t/ha szárazanyagtermés. 220-250 cm magas, jól bokrosodó, lédús szárú, nagy cukortartalmú (14-17%). Jó minőségű szilázs készíthető belőle. A talajjal szemben nem igényes. Kukorica, cirok együtt vetéshez is kiválóan alkalmas, FAO 400-as érésű silókukoricákhoz társítható.

Monori édes

Rövid tenyészidejű hibrid, a virágzásig eltelt napok száma 84. Növénymagassága 180-220 cm. Szára 18-20% refrakciós cukrot tartalmaz. Termése: 65-80 t/ha. Önmagában vetve és szemes kukoricával vegyesen jó minőségű szilázs készíthető belőle. Betakarítása 35% körüli szárazanyag-tartalomnál történik. Magas cukortartalmának (18-20%) köszönhetően a besilózott termés fő erjedési szakasza lerövidül.

Cellu édes

Középkorai érésű silócirokhibrid. Növénymagassága 230-250 cm, szára rostokban gazdag, ezért stabilabb. Tenyészideje 135-145 nap. Önmagában vagy silókukoricával vegyesen vetve is jó minőségű szilázs készíthető belőle. Szeptember végén betakarítható, ekkor a teljes növény szárazanyag-tartalma 35% körül van. Termőképessége 80-100 t/ha zöld-, és 25-30 tonna/ha szárazanyagtermés.

A silókukorica és a silócirok genotípusokat 2+2 sorarányban együttesen termesztettük és az alábbi kombinációkat hoztuk létre: *SzeTC 465+Róna-4*, *SzeTC 465 bm₃+Róna-4*, *SzeTC 465+Monori édes*, *SzeTC 465 bm₃+Monori édes*, *126 x S₁+Monori édes*, *Sze 521+Cellu édes*.

A saját nemesítésű cirokhibridjeink restorer apavonalait (R) a Tápiószelei Agrobotanikai Intézetből (új neve: Növényi Diverzitás Központ) és az IPK (Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung) Gaterslebeni Génbankból rendeltem meg (**4. táblázat**). A szelektált restorer apavonalak nemesítési alapanyagai lettek a bioetanolgyártásra alkalmas cukorcirok-hibrideknek (**5. táblázat Melléklet**).

A citoplazmatikusan hímsteril anyavonalakat (A) és a fenntartó apavonalakat (B) Berényi János ciroknemesítő, Jugoszláviából, a Földművelési és Konyhakertészeti Intézetből küldte el a részemre (**5. táblázat Melléklet**).

A mutációs kísérletben nemesítési alapanyagként szereplő *Ria*, *Rib* szemescirok vonalak és a *Zádor* szemescirok hibrid a DE AMTC Karcagi Kutatóintézetéből származott. A *Zádor* hibrid alapanyag és a *Rib* vonal vetőmagjait az Atommagkutató Intézet ciklotronjában 5; 7,5; 10,0 és 12,5 Gy (Gray) dózissal sugározták be. A sugárzás biológiai hatását az elnyelt dózissal jellemezzük, amelynek jele: D. Mértékegysége a Gray (Gy), az a sugárdózis, amelyet 1 kg tömegű anyag elnyel, ha vele, állandó sugárzással 1 Joule energiát közlünk: 1 Gy=1 J/kg (**PEPÓ és TÓTH, 1999**).

4. táblázat A cukorcirok-hibridek genetikai összetételét alkotó restorer apavonalak

Genotípusok kódjai	Cirok genotípusok
Restorer apavonalak (R)	
RL ₃	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench subsp. bicolor Harlan et de Wet Lady Red ,
RL ₄	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench subsp. bicolor Harlan et de Wet Sorgho sücré
RL ₇	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench subsp. bicolor Harlan et de Wet Minnesota amber
RL ₉	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) ssp. Bicolor race Bicolor Bulgarien
RL ₁₀	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench subsp. bicolor Harlan et de Wet Odeskoe Rannee
RL ₁₁	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench subsp. bicolor Harlan et de Wet Kubanskij Jantar
RL ₁₂	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench subsp. bicolor Harlan et de Wet Early sumac
RL ₁₅	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench subsp. bicolor Harlan et de Wet 'Silosnoje 3' HUN
RL ₁₆	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench ssp. bicolor race Bicolor 'Silosnoje 3' Sovjetunion
RL ₁₈	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench subsp. bicolor Harlan et de Wet Honey, USA

3.5. A hibridek előállításának menete

A háromvonalas cirokhibrideket a citoplazmásan hímsteril anyavonalak (A x B) és a restorer apavonalak (R) keresztezésével állítottam elő, Comstock-Robinson (1952) II. faktoriális párosítási modellje szerint. A hímsteril anyavonalak 95-100%-ban idegentermékenyülők.

A fenntartó és a restorer apavonalak öntermékenyülők, 1-2%-ban idegentermékenyülők. A hímsteril anyavonalakat (A) kereszteztem a fenntartó apavonalakkal (B) és így fenntartott hímsteril anyavonalakat (A x B) kaptam, amelyek keresztezési partnerei voltak a restorer apavonalaknak (R). Ezzel a keresztezéssel háromvonalas cirokhibrideket állítottam elő.

A cirokhibrid előállításának lépései a következők voltak: a hímsteril anyavonal (A) bugáját virágzáskor (látszottak a tollas bibék) leizoláltam celofánzacskóval (*4/a melléklet*). A bibék 7-12 napig termékenyülő képesek maradtak. A fenntartó apavonal vagy a restorer apavonal virágzó (poros) bugáját ollóval levágtam és rögzítettem az anyavonal bugájára (*4/b melléklet*). A két bugára pergamenzacskót illesztettem.

A brown midrib kétvonalas kukoricahibrideket és az izogén hibridjeiket keresztezéssel állítottam elő. A keresztezés menete a következő lépésekből állt: a kukorica idegentermékenyülő (allogám) növény, ezért szükség volt a virágzat izolálásra. A nővirágzatok esetében az izoláció első lépése a csőkezdemény és a szár közötti metszés kialakítása, majd a csőkezdemény csúcsának lemetszése volt. Az izoláló zacskót rögzítettem a csőkezdeményen. 3-4 nappal a bibe megjelenését követően a címeren kifejlődtek és felnyíltak a portokok. A virágport a címerről vibrációs mozdulatokkal ráztam le a pergamenre és az izoláló zacskó bibéről történő eltávolítása után a virágport rászórtam a kifejlett bibeszálakra. A pergamenzacskót rögzítettem a kukoricaszáron úgy, hogy teljesen elfedte a termékenyülő bibét.

3.6. A kísérleti terek talajának jellemzése

A kísérleteket a DE AMTC Bemutatókertjében és Kabán zárt kísérleti téren állítottam be. Mindkét kísérleti tér talaja csernozjom volt. A Bemutatókert talajtípusa kilúgzott csernozjom, a feltalaj meszet nem tartalmazott. A humuszréteg vastagsága szerint a közepes humuszrétegű kategóriába esett (50-70 cm). A talaj humusztartalma 2,57%. A talaj felső szintje a mészhiányból eredően száraz, aszályos évjáratokban cserepesedésre hajlamos volt (**BÓDI, 2007**)(*6. táblázat*).

6. táblázat: A DE ATC Bemutatókert kísérleti tér talajának jellemzése

pH		CaCO ₃	Y ₁	Y ₂	Al-oldható		Humusz %	K _A
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 kabai kísérleti tér talaját a mészlepedékes csernozjom kategóriába soroltam. A talaj mészben és szerves anyagban gazdag volt. A talaj víz-, hő- és levegőgazdálkodását kiválóan tekintetem. A talaj humusztartalma 3,54% és az Arany-féle kötöttségi száma 43 volt (**7. táblázat**). A talajtípust jellemezte a humuszanyagok felhalmozódása, a kedvező, morzsalékos szerkezet kialakulása, valamint a kalciummal telített talajoldat kétirányú mozgása.

7. táblázat: A kabai kísérleti tér talajának jellemző paraméterei

pH		CaCO ₃	KCL-oldható		Al-oldható		Humusz %	K _A
H ₂ O	KCL		Nitrát/nitrit (mg/kg)	Szulfít/szulfát (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	K ₂ O (mg/kg)		
6,77	5,63	0,624	13,4	9,09	152	213	3,54	43

3.7. A kukorica kísérletek tenyészterülete, állománysűrűsége

Az 5 saját nemesítésű kukoricavonalat és az 5 kétvonalas hibridet valamint a 3 brown midrib vonalat és a 3 izogén vonalat a vetettem el a DE AMTC Bemutatókertjébe. A kísérletet vonalanként és hibridenként két ismétlésbe, 5 m hosszúságú sorokból álló parcellákba rendeztem. Minden analóg vonal mellé a *bm₃*-gént tartalmazó változatát vetettem el. A növények közötti sortávolság 75 cm, a tőtávolság pedig 20 cm volt, így egy sorba 25 növény került, két ismétlésbe tehát genotípusonként 50 kukorica elvetésére volt lehetőség. A kísérlet 1 tömböt (32 sor) foglalt el, így összesen 800 növényt tartalmazott.

A brown midrib kukoricából, cirokból és azok vegyes vetésű kombinációiból álló kisparcellás szántóföldi kísérletet állítottam be Kabán. A kísérlet növényi anyagát 3 brown midrib hibrid azok izogénikus változatai, 3 cirokhibrid és 2 hagyományos kukoricahibrid alkotta. Ezekből összesen 6 vegyes vetésű kombinációt képeztem, amelyeket a **3.4. alfejezetben** felsoroltam. A kísérleti tér egy 105 m hosszúságú és 8,5 m szélességű 892,5 m² alapterületű téglalap volt, amelyen 56 parcella helyezkedett el. Minden kukorica- és cirokhibridből 4 parcellát állítottam be, míg a vegyes vetésekből 2 parcellát vetettem. Egy parcella 9 m²-es volt (3 m x 3 m). Egy parcellát 4 db 3 m-es sor képezett. A kukorica-növények között 70 cm-es sortávolság és 20 cm-es tőtávolság volt. A kukoricából 5 növény jutott egy folyóméterre. A 9 m²-es parcellán 60 kukoricanövényt vetettem.

A silócirokhibrideket 70 cm-es sortávolságra és 5-6 cm-es tőtávolságra vetettem el. Ebben az esetben 17-20 csíra jutott egy folyóméterre. Így összesen 204-240 db cirokcsírat vetettem a 9 m²-es parcellába.

3.8. A cirokkísérletek tenyésztőterülete, állománysűrűsége

A szemes- és a cukorcirok kísérletek kivitelezése a DE AMTC Bemutatókertjében került sor. Egy szemescirok vonalat (*Rib*) és egy hibridet (*Zádor*) sugározttam be gyors neutronnal a Debreceni Atommagkutató Intézetében 2005-ben. A magokat négyféle sugárdózis érte (5,0; 7,5; 10,0; 12,5 Gy). A besugárzott magokkal egy időben vetettem el a kontroll fajtákat (*Rib*, *Zádor*).

A dózis növekedésével csökkent az állomány növénymagassága. A kísérleti tömb elejére a kontroll növényeket és az 5,0 Gray dózissal besugárzott magokat vetettem. A tömb végére kerültek a legnagyobb sugárdózissal kezelt magok (12,5 Gray). A kísérletet fajtánként egy ismétlésben, kezelésként kettő 5 m hosszúságú sorokból álló parcellákba állítottam be. Az alkalmazott sortávolság 70 cm, a tőtávolság pedig a szemescirokknál előírt 5-10 cm, így 15-25 db/mag került egy folyóméterre. Az M_0 , M_1 - és az M_2 nemzedékekben a változásokat kéthetente figyeltem, és a következő tulajdonságokat felvételeztem: kelési adatok, növénymagasság (cm), a növény produktív bokrosodása (db), a buga hossza (cm), bugaoldalág száma (db) és az ezerszemtömeg. A levélterületi index ($LAI\ m^2m^{-2}$) a Montgomery-képlet alapján került meghatározásra: (levélhosszúság [cm] x levélszélesség [cm] x 0,75 (TÓTH, 2001)). A buga tömörségét a kicsépelési százalékkal mutattam ki. Az albínó csíranövények levélalapjából kalluszt indukáltam 4,5, 12,5 és 22,5 mikromol koncentrációjú 2,4 D tartalmú táptalajon, és a változásokat a kontroll növényekhez hasonlítottam (*1/a melléklet*).

A ciroknemesítési program bővítéseként bioetanol-előállításra alkalmas háromvonalas cukorcirok hibrideket nemesítettem. A hibridnemesítési program első évében a hímsteril anyavonalakat tartottam fent (2007). A kísérlet második évében az A x B kombinációkra kereszteztem a restorer vonalakat (R) (2008). A harmadik évre állítottam elő a háromvonalas cukorcirok-hibridjeinket (A x B) x R. A keresztezésekhez hímsteril anyavonalakra (A), fenntartó apavonalakra (B) és restorer apavonalakra (R) volt szükségem (COMSTOCK-ROBINSON, 1952).

A hímsteril anya- és a fenntartó apavonalaik morfológiailag hasonlóak egymáshoz, a hímsteril anyavonalaknak nincs pollentermelő képessége. Mind az „A” mind a „B” vonalak alacsony növénymagassággal rendelkeztek, ezért a kísérleti tömb elejére kerültek. A keresztezésbe összesen 5 hímsteril anya, 5 fenntartó apavonalat vontam be. Minden anya- és apavonalat két ismétlésben öt méter hosszú soron állítottam be. Az alkalmazott sortávolság 70 cm, a tőtávolság 5-10 cm volt. Egy folyóméterre 15-25 db mag került, ennek megfelelően az 5 m-es sorra 75-125 db magot vetettem.

A cirok gyenge kezdeti fejlődése miatt sűrűbb tőtávolságot (3-5 cm-t) is alkalmaztam, és később a növény előrehaladottabb fejlődési stádiumában (3-5 leveles) kézi tőszámbeállítást alkalmaztam.

A kísérletben összesen 10 restorer apavonal szerepelt, vonalanként 4 ismételtsben. A sorok között 75 cm-es sortávolságot és 5-6 cm-es tőtávolságot alkalmaztam, egy folyóméterre 17-20 db csíra került, így 5 m-en 85-100 db csírat helyeztem el.

A kísérlet során mintegy 43 háromvonalas cirokhibridet nemesítettem és vizsgáltam. A szántóföldi kísérlet beállítása során hibridenként 2 ismételtsben dolgoztam, összesen 3 tömböt vetettem el a hibridekből (*4/g melléklet, 4/h melléklet*). A sortávolság 75 cm, míg a tőtávolság– a kézi tőszámbeállítás után- 10-15 cm volt. Egy folyóméterre 10-15 db csíra került, az 5 m-es hosszúságú sorba 50-75 db csírat vetettem. A cukorcirok hibrideket bioalkohol-előállítás céljára nemesítettem, rendszeresen vizsgáltam a szárlé refrakciós cukortartalmát és a szemtermés keményítő- és fehérjetartalmát, valamint az ezerszemtömeget. Az alacsony fehérje- és a magas keményítőtartalom eléréséhez low-input körülményeket teremtettem.

3.9. Az alkalmazott agrotechnikai eljárások

Az őszi szántás minden évben november közepéig, 32 cm-es mélységben történt. A tavaszi elmunkálást illetve a magágy előkészítést kora tavaszi boronálással és a vetés előtt kombinátorozással végeztem el. A kukoricát vetőpuskával, míg a cirkot kerti aprómagvetőgéppel vetettem el. A cirok gyenge kezdeti fejlődése miatt bekövetkező ritka állomány kialakulásának elkerülése végett alkalmaztam a korai vetést és a palántázást.

A kísérletekben egységesen N 100, P₂O₅ 90, K₂O 90 kg/ha hatóanyagot juttattam ki mindhárom vizsgálati évben. A P és a K teljes adagját, illetve a N 30%-át az őszi szántás előtt szórtam és dolgoztam a talajba, a fennmaradó N-t tavasszal a kombinátorozás előtt juttattam ki a szántóföldre.

Az állomány gyommentesen tartását vegyszeres- és mechanikai gyomirtással biztosítottam. A vegyszeres gyomirtás alapkezelésből és felülkezelésből állt. Az alapkezelésben RAMROD FLOW-t (5,5 l/ha) használtam preemergensen kijuttatva az egyszikű gyomok ellen. Felülkezelésben kétszikű gyomok elleni védekezésre BASAGRAN FORTE-t 1,5 l/ha dózisban alkalmaztam.

3.10. A fenotípusos tulajdonságok leírása az UPOV-szabvány szerint

A kukoricánál a vizsgált tulajdonságok leírása a CPVO TP/2/2 irányelvek alapján történt (8. táblázat). A ciroknál az adatokat „A nemesítési anyag értékmérő tulajdonságainak egységes értelmezése, nyilvántartása”, valamint A kísérleti módszer egyeztetése” alapján értékeltem (9. táblázat).

8. táblázat A morfológiai bélyegek kifejeződési fokozatai a kukorica CPVO TP2/2 vizsgálati irányelvéből (Forrás: www.cpvo.europa.eu/index800.php (2007))

CPVO TP/2/2 száma	Tulajdonságok
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 harmatgyökerek antociános színeződése
6.	Címer: a hímvirágzás időpontja (a főtengely középső harmadában, a növények 50%-án)
7.	Címer: a kalászkapelyva alapjának antociános színeződése (a főtengely középső harmadában)
8.	Címer: a kalászkapelyva antociános színeződése az alap nélkül
9.	Címer: a portok antociános színeződése
10.	Címer: a főtengely kalászkáinak tömörsége
11.	Címer: a főtengely 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
16.	Cső: a bibe antociános színeződésének intenzitása
17.	Levél: a levélhüvely antociános színeződése (a növény közepén)
18.	Címer: a legelső oldalág feletti főtengely hossza
19.	Címer: a legfelső oldalág feletti főtengely hossza
20.	Címer: az oldalágak hossza (a leghosszabb oldalág hossza a címer alsó harmadában vizsgálva)
21.1.2	Növény: magasság (a címerrel együtt)
22.	Növény: a főcsőeredés magasságának viszonya a növénymagassághoz
23.	Levél: a levéllemez szélessége (a legfelső jól fejlett csőnél)
24.	Cső: a csőkocsány hossza
25.	Cső: hossza (a csuhé nélkül)
26.	Cső: vastagsága (a középső részen)
27.	Cső: alak
28.	Cső: a szemsorok száma
29.	Cső: szemtípus (a cső középső 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

9. táblázat A vizsgált tulajdonságok leírása a ciroknál az UPOV technikai irányelvek alapján

UPOV száma	Tulajdonságok
1.	Csíránövény: a rügyhüvely antociános színeződése
2.	Csíránövény: az első levél hátoldalának antociánossága
3.	Csíránövény: az első levéllemez antociánossága
4.	Levél: a levéllemez antociános színeződése
5.*	Növény: a bugahányás időpontja, amikor a növények 50%-án megjelenik
6.	Növény: növénymagasság bugahányáskor
7.	Levél: a levéllemez színe
8. *	Zászlólevél: a középér elszíneződésének mértéke
9. *	Zászlólevél: a középér zöld színeződésének intenzitása a levéllemezhez viszonyítva
10.	Zászlólevél: a középér sárga színeződése
11.	Kalászkapelyva: színe
12.	Kalászkapelyva: antociános színeződése
13.	Kalászkapelyva: a szőrözöttség antociános színeződése
14.*	Toklász: szálkaképződése
15.*	Bibe: antociános színeződése
16.*	Bibe: sárga színeződése
17.	Bibe: hosszúsága
18.	Nyeles (kocsányos) virág: a virág hosszúsága
19.	Buga: tömörsége
20.	Száraz portok: színe
21.*	Növény: teljes magassága
22.	Szár: átmérője a magasság egyharmadánál
23.	Levél: a csúcstól számított harmadik levél hosszúsága
24.	Levél: a csúcstól számított harmadik levél szélessége

(*) Azokat a tulajdonságokat jelenti, amelyeket mindegyik fajtánál minden évben fel kell vételezni, ha a kísérletben szerepel, feltéve, ha egy korábbi tulajdonság kifejeződési fokozata vagy a környezeti viszonyok ezt nem zárják ki.

3.11. Betakarítás menete és a mintavételek módja

A bioetanol-előállítás céljára nemesített kukoricavonalakat és kukoricahibrideket low-input körülmények között termesztettem. A betakarítást hibridenként és vonalanként külön-külön kezelve kézzel, 2008. 10. 15-én végeztem el, a szemtermés teljesérésének fenofázisában. Betakarításkor mintát vettem, és a mintákat 3-4 korongra vágtam, lemértem a teljes korongok (szem+csutka) nedves tömegét. A minták szárítását szárítószekrényben 40 °C-on 2 napig, 60 °C-on tömegállandóságig szárítottam. Ezután a korongokat lemorzsoltam és a száraz szemeket, valamint a csutka tömegét (g) bemértem.

A szemtermés bioetanol-előállítás szempontjából lényeges minőségi tulajdonságait (keményítő, fehérje) *Diode Array 7200* típusú NIR-készülékkel mértem le..

A szilázs minőségének javítása céljából brown midrib hibrideket állítottam elő. A brown midrib hibridek genetikai összetételét *bm₃* vonalak alkották.

A vonalaknak és a hibrideknek izogén változata is létezik, amelyeket szintén a vizsgálatba vontam és összehasonlítottam a *bm₃* genotípusokkal. A 3 *bm₃* és a 3 izogén kukoricavonalat viaszérés végén takarítottam be kézi szárvágóval 2008. 08. 20-án. A növényi részeket (csőtermés, szár, levél, szecska) felaprítottam (2,5-4,0 cm-es darabokra) kézi metszőollóval. Minden növényi részből 0,5-1,0 kg-os mintát tettem félre a betakarításkori szárazanyag-tartalom és a detergens rosttartalom meghatározása céljából. A kísérlet célja volt, hogy összehasonlítottam a brown midrib és az izogén vonalakat, valamint az egyes növényi részeket a lignintartalmuk alapján. Az analízist roncsolás nélkül NIR-készülékkel végeztem el.

Brown midrib és hagyományos kukoricahibrideket, cirokhibrideket és ezek kombinációiból álló vegyes vetésű kísérletet állítottam be Kabán 9 m²-es parcellákon. A kísérlet céljaként a különböző genotípusokból álló szilázs aminosav tartalmát és emészthetőségi tulajdonságait vizsgáltam. Összehasonlítottam a brown midrib és az izogén kukoricahibrideket a detergens rosttartalmuk alapján. A vizsgált kukorica és cirok hibrideket érési idő szerint FAO 400-as és FAO 500-as csoportokba soroltam. A középérésű hibridek betakarítása 2008. 08. 11-én, a középkései érésű csoportokat 2008. 08. 25-én takarítottam be. A növényeket kézi szárvágóval vágtam le, és szecskavágóval aprítottam fel. 0,5-1,0 kg-os mintákat tettem félre a betakarításkori szárazanyag-tartalom meghatározásához. Az 1 kg-os szecska betakarításkori szárazanyag-tartalmát 60 °C-on és 105 °C-on leszártva számoltam ki. A 20 kg-os szecska mintákat 10 literes vödrökbe tömörítettem és a rétegeket *Lactobacillus ssp.* tejsavbaktériummal szórtam meg az erjedés elősegítése céljából. A mintával teli vödröket légmentesen lezártam és 6 hónapig erjesztettem. A miniszilázsok felbontása után a pH-mérést pH-mérővel, az emészthetőségi tulajdonságok analízisét Van-Soest analízissel határoztam meg (**10. táblázat Melléklet**). A szemescirok-kísérletben a *Rib* és a *Zádor* genotípusokat ötféle sugárdózissal kezeltem. A virágzás fenofázisában dózisonként 5 növényt jelöltem meg mindkét genotípusból. A megjelölt növények levélterületi indexét és növénymagasságát mértem egy teljes vegetációs periódusban. A szemtermés teljesérésében a bugát lemetszettem a szárról, lemértem a nedves tömegét és szárítószekrényben 40 °C-on tömegállandóságig szárítottam, majd lemértem a száraz tömegét.

A buga morfo-fenometriai tulajdonságait felvételeztem, és a kezelés okozta hatásokat vizsgáltam. A kétvonalas cirokhibridjeim buga termését a teljesérésében betakarítottam hibridenként külön-külön kézzel. Betakarítás után lemértem a buga nedves tömegét, majd szárítószekrényben tömegállandóságig szárítottam a termést.

A cirokvonalakból és a cirokhibridekből a virágzás, tejes-, viasz-, és teljesérés fenofázisában minden internódiumból vettem mintát és három ismételtsben, ötnaponta mértem a Brix-fokot. Az alkoholtartalom meghatározásához a présnedvet hengeres szárpréssel sajtoltam ki a szárból (*5/a melléklet, 5/b melléklet, 5/c melléklet*). A fermentálás után meghatároztam a ciroklé alkoholtartalmát (*11. táblázat*).

11. táblázat A cirokkísérletek betakarításának és a mintavételeinek bemutatása

Kísérlet nemesítési célkitűzése	Mutációs cirokkísérlet	Bioetanol-előállítás céljára nemesített kétvonalas cirok-hibridek	Restorer cirokvonalak minőségi analízise	Háromvonalas cirok-hibridek minőségi analízise
Genotípusok	Rib, Zádor (5;7,5;10,0;12,5 Gy)	SL ₁ x RL ₄ , SL ₁ x RL ₇ , SL ₁ x RL ₁₀ , SL ₁ x RL ₁₂	RL ₃ , RL ₄ , RL ₇ , RL ₉ , RL ₁₀ , RL ₁₁ , RL ₁₂ , RL ₁₅ , RL ₁₆ , RL ₁₈	lásd. 5. táblázat
Mintavételezés ideje	2005. 06. 07. 2005. 07. 07. 2005. 08. 07.	2008. 09. 20 teljesérés	virágzás: 2009. 07. 14. 2010. 07. 20.	virágzás: 2009. 07. 22. 2010. 07. 20.
Betakarítás ideje	2005. 11. 15. 2006. 11. 20. 2007. 09. 25.		tejesérés: 2009. 07.27. 2010. 07. 20.	tejesérés: 2009. 08. 07. 2010. 08. 18.
			viaszérés: 2009. 08.07. 2010. 07. 31.	viaszérés: 2009. 08. 20. 2009. 09. 03. préselés 2010. 09. 20.
			teljesérés: 2009. 09.03. 2010. 09. 29.	teljesérés: 2009. 09. 14 2010. 10. 08.
			holtérés: 2009. 09. 20. 2010. 10. 24	holtérés: 2009. 09. 14. 2010. 10. 24.
Betakarítás menete	Kézi (buga lemetszése)		A szár levágása kézi szárvágóval.	
Mintavételezés, Minta-előkészítés	A buga szárítása 40 °C-on, a szemtermés kicsépelése kalászcseplővel		A levelek eltávolítása nádvágóval	
			1. A szár aprítása szecskavágóval	
			2. A szecska préselése (szőlőzúzó, szárprés)	
			3. A szárlé lefagyasztása	
			4. Fermentálás	
			5. Alkoholtartalom meghatározás	
Vizsgálatok megnevezése	Levélterületi index	Nyersfehérje	Refraktométeres cukortartalom	
	Növénymagasság mérés	Keményítő	Összes cukortartalom	
	Buga paramétereinek felvételezése	Ezerszemtömeg	Redukáló cukortartalom	
Vizsgálatok módszere	Morfo-fenometriai leírás készítése a descriptor lista alapján	NIR-készülék (gyorsvizsgálat)	Refraktometriás módszer	
			Luff-Schrool módszer	
			Piknométeres módszer	

3.12. A fontosabb emészthetőségi tulajdonságok meghatározásának módszerei

3.12.1. Nyersfehérje-tartalom meghatározása

A nyersfehérje-tartalom meghatározása a makro Kjeldahl-módszer (MSZ EN ISO 5983:1:2005) szerint történt, amely során Kjel-Foss-készülékkel mutattam ki a N-tartalmat. Az így megállapított N-tartalmat 6,25-tel megszorozva megkaptam a növényi minták nyersfehérje-tartalmát.

3.12.2. Nyersrosttartalom meghatározása

A minták nyersrosttartalmát a MSZ EN ISO 6865:2001 szabvány alapján a FIBERTEC- készülékkel állapítottam meg.

3.12.3. Detergens rostfrakciók kimutatása

A neutrális detergensrost meghatározásához bemértem 1 g előkészített mintát és betettem a rostmeghatározó készülék zsugorított üvegszűrőjébe. Hozzáadtam 100 ml neutrális detergens oldatot (pH=6,9-7,1) és felforraltam 1 órán át. Ezután vákuummal leszűrtem a mintáról az oldatot, és forró vizes mosással eltávolítottam az oldószermaradványokat. Ezután a nyersrost meghatározásánál leírtak szerint mostuk acetonnal szárítottam, és mértem a tömegét, majd 500 °C-on hamvasztottam el a szerves anyagot. Az ADF-tartalom a savdetergens oldatban oldhatatlan zsírintes szerves anyag. A mintát savdetergens rosttal főztem. Az ADL-tartalom a savdetergens rostból kénsavas kezelés után oldhatatlan emészthetetlen anyag. Az ADL mennyiségének megállapításához a savdetergens oldattal főztem először a mintát, majd szárítás után 72%-os kénsavban 3 órahosszáig áztattam. Ez idő alatt a cellulóz feloldódott, amit forró vizes mosással és vákuumos szűréssel távolítottam el. A lignintartalmú maradékot szárítottam, majd hamvasztottam (KOTA, 2000).

3.13. A NIR-készülék működése

A Bruker MPA típusú, Fourier transzformációs NIR-készülék (Near Infrared Reflectance) a közel infravörös tartományban ($4.000-12.000\text{ cm}^{-1}$) történő fényelnyelést, illetve visszaverődést mérte. A zúzott kukoricaszilázst közeli infravörös fénnel megvilágítva a reflektált fény intenzitásának változása és a minta beltartalmi értékei közötti korreláció lehetőséget adott a nyersrost gyors és roncsolás mentes meghatározására (VÁRADI és TÓTH, 1989).

A mérés alkalmával az infravörös tartományba mérhető fénysugár behatolt a mintába, és több síkban pásztázta a vizsgálandó anyagot, miközben a mintatartó folyamatosan forgott. Egy mérés során 64 letapogatást végzett a műszer, és ezek átlagolásával megkaptam a végleges spektrumot. Az elnyelési görbe kirajzolódott a számítógép monitorán, egy silókukorica mintához három spektrum tartozott (TÓTHNÉ ZSUBORI, ZS. et al., 2006; TÓTHNÉ ZSUBORI, ZS., 2011 b; MARTEN et al., 1983). Az adatokat a szárazanyag százalékában fejeztem ki (g/100 g). A fermentált kukoricára és a nem fermentált növényi részekre vonatkozó fontosabb kalibrációkat a **12. táblázat** tartalmazza. DALMADI et al., 2007 a korrelatív technikával a mintáról rövid idő alatt nagy mennyiségű információt nyert, amelyek kiértékelése matematikai-statisztikai módszerekkel történt.

12. táblázat Fontosabb beltartalmi tulajdonságokra jellemző kalibrációk a NIR-készüléknél (1100 nm-2500 nm)

Takarmány típus	Fermentált kukorica		Nem-fermentált növények	
	minimum (%)	maximum (%)	minimum (%)	maximum (%)
Szárazanyag -tartalom	10,30	58,10	25,90	98,90
Proteintartalom	5,30	22,80	1,90	25,60
Zsirtartalom	2,10	7,00	0,80	4,50
NDF	33,50	72,40	28,40	82,60
ADF	18,20	44,10	19,90	59,30
ADL	1,92	9,30	1,83	10,40
Keményítőtartalom	7,40	37,70	15,80	28,80

A közeli infravörös tartományban végzett mérések és értékelések kellően szelektívnek bizonyultak a nemesítési kísérletekben és az agronómiai beavatkozások hatását elemző értékelésnél (SZABÓ et al., 1991).

3.14. Az aminosav-tartalom meghatározásának módszere

A szilázsminták aminosav-tartalmának meghatározását a Kaposvári Egyetem Állattudományi Kar, Kémiai-Biokémiai Tanszék Analitikai Laboratóriumában végeztem el. A takarmányminták analízisét a Magyar Takarmánykódex II./1. 1990. alapján készítettem el. Az aminosavakat sósavas hidrolízist követően kationcserélő oszloppal felszerelt folyadékkromatográfiával (aminosav analizátorral) határoztam meg.

3.15. A refraktométeres szárazanyag-tartalom meghatározása

A cirokszárle szárazanyag-tartalmát Falco-6 típusú kézi refraktométerrel (Brix) határoztam meg.

3.16. A cukortartalom meghatározása

A cukortartalmat a DE AGTC Műszerközpontjában és a Kaposvári Egyetem Állattenyésztési Tanszékén határoztam meg. A vizsgálatokat a MSZ 6830-26 alapján végeztem el. A cukortartalmakat hígított etanolos extrahálást és a fehérjementesítést követően inverzió előtt, illetve után, Luff-Schrool módszer alapján vizsgáltam meg.

3.16.1. Összes cukortartalom meghatározása

A 200 cm³ oldatból kivettem 50 cm³-t és 100 cm³-es lombikba mértem. Metil narancs indikátor jelenlétében hozzáadtam 4 mólos sósavoldatot a piros szín megjelenéséig, majd 15 cm³ 0,1 mólos sósavat, és belehelyeztem az oldatot a forrásban lévő vízfürdőbe, és 30 percig hidrolizáltam. 30 perc után lehűtöttem és 15 cm³ 0,1 mólos nátrium-hidroxidot tettem hozzá és 100 cm³-re töltöttem. Ebből az oldatból 25 cm³-t kivettem és a további vizsgálatokat illetve számítást úgy végeztem, mint a redukáló cukortartalom meghatározásánál.

3.16.2. Redukáló cukortartalom meghatározása

200 cm³ oldatból kipipettáztam 25 cm³ oldatot és hozzáadtam 25 cm³ Luff-Schrool-oldatot. 10 percig forraltam, hűtés után 10 cm³ kálium-jodidot és 25 cm³ kénsav-oldatot adagoltam hozzá. Ezután 0,1 mólos nátrium-tioszulfáttal keményítő indikátor jelenlétében a fehér színig megtráltam. A meghatározásnál 25cm³ Luff-Schrool reagenssel vakpróbát készítettem. A vakpróbára és a mintára fogyott cm³-nek a különbségéből számítottam ki a cukor mennyiségét a bemérés figyelembevételével. 1 cm³ 0,1 mólos tioszulfát 2,4 mg glükózt mért.

3.17. Az alkoholtartalom meghatározása

A fermentlevet a Miskolci Egyetem és a DE Élettudományi Intézet Mikrobiális Biotechnológiai és Sejtbiológiai Tanszék fermentorában erjesztettem 2009-ben és 2010-ben (**5/e melléklet**). A mintákat fagyasztva tároltam az erjesztés előtt. 5-5 liter ciroklé állt rendelkezésre vonalanként és hibridenként (**5/d melléklet**). A lefagyasztott levét felolvasztottam, és borélesztőgombát, (20 g/hl) *Saccharomyces cerevisiae*-t adagoltam hozzá. A mintát 1 literes fermentorba helyeztem, hozzáadtam az élesztőgombát és 32 °C-on 72 óráig egyenletes keverés mellett erjesztettem. A fermentlé alkoholtartalmának meghatározása piknométerrel történt a MSZ 9589/2 szabvány alapján (**5/f melléklet**).

3.18. A heterózishatás vizsgálat

A cirokhibridek és a kukorica hibridek esetében meghatároztam a heterózis és a heterobeltiózis mértékét a keményítőre, a fehérjére és az ezerszemtömegre nézve. A brown midrib kukorica hibrideknél a heterózis mértékét a növénymagasságra, a csőeredés magasságára, a csőhosszra és a csőtömegre számoltam ki.

A heterózis és a heterobeltiózis a következő két képlettel számolható ki:

$$\text{Heterózis} = \frac{\left[F1 - \frac{P1 + P2}{2} \right]}{\frac{P1 + P2}{2}} * 100$$

F1=a hibrid vizsgált tulajdonságának átlaga,

P1 = az egyik szülő vizsgált tulajdonságának átlaga,

P2 = a másik szülő vizsgált tulajdonságának átlaga,

$$\text{Heterobeltiózis} = \frac{[F1 - HP]}{HP} * 100$$

HP = a legmagasabb szülői teljesítmény átlaga.

3.19. Az eredmények értékelése matematikai-statisztikai módszerekkel

Az eredmények kiértékelését az SPSS 13.0 for Windows statisztikai programcsomag felhasználásával végeztem. A kezelések hatását az egyes beltartalmi tulajdonságokra egytényezős varianciaanalízissel elemeztem. A Pearson-féle korrelációs együttható számításával feltártam az internódiumok mennyiségi tulajdonságai közötti kapcsolatok szorosságát és a szilázs minőségi tényezői közötti korrelációkat. Igen szoros és szoros összefüggés esetén regressziós egyenest illesztettem a pontokra. A brown midrib és az izogén kukoricák detergensrost összetevőinek összehasonlítása esetén a t-próbát alkalmaztam.

4. Eredmények és megvitatásuk

4.1. Eredmények értékelése

4.1.1. A brown midrib kukorica genotípusok és izogénikus változataik morfológiai leírása

A *bm₃* gént tartalmazó változatoknál az alacsonyabb lignintartalmat a barna levélér fenotípusos markerként (N- és P-marker) jelzi (*1/b melléklet, 1/c melléklet, 1/d melléklet*).

A *GK42 izogén* és *GK42 bm₃* vonalakat a leveleiknek a szárral bezárt szöge alapján a „felálló” típusba soroltam (*2/a melléklet*). Az „felálló” típusú levélállás a fényt jobban hasznosította, aminek következtében a leveleknek nagyobb lett a fotoszintetikus hatékonysága. A levéllemeznek a szárral bezárt szöge alapján a „horizontális” kategóriába soroltam a *GK49 izogén* és a *GK49 bm₃* vonalakat. Ezen genotípusoknak- a szétterülő levélállása miatt- kisebb volt a fotoszintetikus hatásfoka és kevesebb a szárazanyag produkciója.

A címer paramétereit felvételezve megállapítottam, hogy a címeren található nagyszámú elsőrendű elágazások száma és a főtengelyen található tömött kalászkák miatt a *GK42 brown midrib* és *GK42 izogén* vonalak bőséges mennyiségű pollentermelésre voltak képesek. A képződött pollen nagy mennyisége alapján a hibrid-előállításnál a *GK42 izogén* és *GK42 brown midrib* vonalak apai keresztezési partnerként kerültek kiválasztásra.

A *GK49 izogén* és *GK49 brown midrib* a kevés számú címeroldalágakon a kalászkák számának csökkenése miatt kis mennyiségű pollen termelődött (*2/c melléklet*). A *GK49 izogén* és a *GK49 brown midrib* kukoricavonalak a kevés mennyiségű pollentermelésük miatt anyai keresztezési partnerként vettek részt a hibrid-előállításban.

A brown midrib vonalak csökkent mennyiségű szemtermést hoztak, a szemek a „simaszemű” kategóriába tartoztak és az ezerszemtömegük kisebb volt. A brown midrib vonaloknál tapasztalt kevesebb termés mennyiséget a csőtermés alacsonyabb lignintartalma kompenzálta. A *GK49 izogén* vonal esetében is „simaszemű” szemtermést tapasztaltam, mert a növény a szétterülő habitusából adódóan kevesebb szervesanyagot produkált.

A növénymagasság alapján a *GK43 izogén* és a *GK43 bm₃* vonalakat a „magas” kategóriába soroltam. A *GK43 izogén* és a *GK43 bm₃* esetében a nagyméretű címeren sok oldalág és nagyszámú pollensejt képződött, aminek eredményeként a vonalakat apai partnerként használtam fel a keresztezésekben (*2/b melléklet*). A *GK43* vonalak a habitusukból eredően a legnagyobb fotoszintetikus hatékonysággal jellemeztem, ennek következtében a legtöbb „lófogú” szemtermést produkálták.

A „lófogú” kukoricák termésében több a tápanyag, mint a „simaszemű” szemtermésekben. A vonalak korai virágzásúak voltak (**13. táblázat**).

A vizsgált hibridek közül a *GK42 izogén x GK43 izogén* és a *GK42 bm₃ x GK43 bm₃* levéllemeze a szárral kicsi szöget zárt be. Az „felálló” levélállás miatt az alsóbb levelekhez több fény jutott el, aminek hatására nagyobb lett az asszimilációs felület. Ezeket a hibrideket energiatakarékossággal jellemeztem, mert kedvezőbb volt a fényhasznosításuk hatásfoka, ennek eredményeként több szervesanyag halmozódott fel a növényi részekben. A *GK49 bm₃ x GK42 bm₃* és a *GK49 izogén x GK42 izogén* hibrideket levéllemezeiknek a szár által bezárt szöge alapján a közepes kategóriába soroltam. A hibridek levéllemezésének állása „görbe” volt (**3/a melléklet, 3/b melléklet**). A *SzeTC 465* és az *SzeTC 465 bm₃* kukorica hibridek levéllemeze a szárral nagy szöget zárt be. A levéllemezeik állása alapján az „erősen görbe” kategóriába tartoztak.

A címer morfológiáját tekintve minden vizsgált hibridre jellemző módon a főtengele és az oldalágak közötti szög közepes volt. Az oldalágak fölötti főtengele hossza az *SzeTC 465* és az *SzeTC 465 bm₃* hibrideknél közepes volt.

A brown midrib kukorica hibridjeink szemtermése „simaszemű” volt, míg az izogén változataik a szemtermésük alapján a „lófogú” kategóriába tartoztak (**3/c melléklet, 3/d melléklet**). A kukorica hibrideket a növény magasságuk alapján a „magas” kategóriába soroltam (**13. táblázat**).

13. táblázat A bm_3 gént tartalmazó kukorica genotípusok és izogénjeik morfológiai bélyegeinek kifejeződési fokozatai a kukorica CPVO TP2/2 vizsgálati irányelve alapján (Debrecen, 2009-2010)

CPVO szám	Vizsgált kukorica genotípusok										
	GK42		GK43	GK49		GK49 x GK42		GK42 x GK43		SzeTC 465	
	*izo.	bm ₃	izo.	izo.	bm ₃	izo.	bm ₃	izo.	bm ₃	izo.	bm ₃
1.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3.	1	1	1	3-5	3-5	5	5	3	3	7	7
4.	1	1	1	3	3	5	5	3	3	7	7
6.	1	1	3	3	3	1	3	1	1	3	3
7.	3	3	3	3	3	1	1	1	1	5	5
8.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5-7	5-7
9.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	5
10.	3	3	5	5	5	3	3	5	5	7	7
11.	3	3	3	7	7	5	5	5	5	5	5
12.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13.	5	5	5	3	3	5	5	5	5	5	5
14.	1	1	1	3	3	1	3	1	1	3	3
15.	9	9	9	1	1	9	9	9	9	1	1
16.	5	5	5	1	1	5	5	5	5	1	1
17.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18.	7	7	7	5	5	7	7	7	7	5	5
19.	7	7	7	7	7	7	7	7	7	5	5
20.	3	3	3	3	3	5	5	5	5	3	3
**21.1(2)	5	5	7	3	3	7	7	7	7	7	7
23.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
25.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
26.	3	3	3	3	3	5	5	5	5	5	5
27.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
28.	3	3	3	3	3	5	5	5	5	5	5
29.	1	1	2	1	1	5	2	5	2	5	3
30.	3	3	4	4	4	3	3	3	3	4	4
31.	4	4	5	5	5	4	4	4	4	5	5
32.	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
33.	7	7	5	9	9	9	9	7	7	7	7

Rövidítések: *izo.=izogén, **2.1.=vonalaknál mért tulajdonság, **2.2.=hibrideknél mért tulajdonság

4.1.2. A brown midrib kukorica genotípusok és izogén változataik fenometriai mutatói, heterózishatás-vizsgálat

A vonalak növénymagasságára a genotípus hatása szignifikáns volt mindkét vizsgálati évben (2009-ben $SzD_{5\%}=11,48$ és 2010-ben $SzD_{5\%}=16,28$)(14. táblázat *Melléklet*). A vonalak átlagos növénymagassága a 2010-es évben nagyobb volt: 154,83 cm. A mind a két évben a legmagasabbnak a *GK43* bm_3 -t találtuk (192,33 cm 2010-ben és 168,00 cm 2009-ben).

A csőeredési magasságra nézve a genotípusok átlagértékei között mindkét kísérleti évben igazolható eltérést mutattam ki (2009-ben $SzD_{5\%}=10,55$ és 2010-ben $SzD_{5\%}=13,41$)(**14. táblázat Melléklet**). A vonalak átlagos csőeredési magassága 2009-ben nagyobb értéket mutatott: 45,77 cm. A *GK43 bm₃* a vizsgálat két évében csőeredési magasságnak (2009-ben 55,00 cm-t és 2010-ben 48,66 cm-t) mértem. A vonalak átlagos értékétől és a többi vizsgált növénytől is jelentősen alacsonyabb csőeredési magasság pontot felvételeztem a *GK49 bm₃*-nél 2010-ben; 20,33 cm-t.

A csőeredési magasság és a növénymagasság arányának átlaga 2009-ben magasabb 0,30 volt, mint 2010-ben (0,23). A legnagyobb arányértéket (0,32) a *GK43 bm₃* és a *GK49 izogén* mutatta a 2009-es vizsgálati évben.

A genotípusok jelentős szignifikáns hatását számoltam a csőhosszra nézve is mindkét évben ($SzD_{5\%}=0,88$ 2009-ben és $SzD_{5\%}=1,67$)(**14. táblázat Melléklet**). A kísérleti években a *GK43 izogén* -nek felvételeztem a leghosszabb csőhosszát (2009-ben 13,70 cm, míg 2010-ben 12,96 cm-es).

A csőtömegre nézve a kukoricavonalak hatása érvényesült az egymást követő vizsgálati években. A szignifikáns differenciának 10,15 (2009-ben) és 15,65 (2010-ben) értékeket számoltam (**14. táblázat Melléklet**). A *GK43 bm₃* csőtömege volt a legmagasabb 2010-ben 52,96 g és a *GK42 bm₃* csőtömegét mértem a legmagasabbnak 73,99 g-ot 2009-ben (**15. táblázat**).

15. táblázat A brown midrib és az izogén kukoricavonalak fenometriai paramétereinek átlaga (Debrecen, 2009-2010)

Vonalak	Növénymagasság (cm)		Csőeredési magasság (cm)		Viszony-szám		Csőhossz (cm)		Csőtömeg (g)	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
GK42 izogén	158,00	149,00	44,00	31,00	0,27	0,20	10,92	9,80	38,80	24,14
GK42 <i>bm₃</i>	138,33	141,00	36,66	32,33	0,26	0,22	11,40	11,50	73,99	32,95
GK43 izogén	163,00	189,00	51,66	48,00	0,31	0,25	13,70	12,96	51,10	48,86
GK43 <i>bm₃</i>	168,00	192,33	55,00	48,66	0,32	0,25	10,50	10,46	46,60	52,96
GK49 izogén	137,33	132,00	45,00	38,33	0,32	0,29	11,50	10,00	21,80	27,64
GK49 <i>bm₃</i>	137,66	125,66	42,33	20,33	0,30	0,16	9,90	10,30	28,65	42,12
Átlag	150,38	154,83	45,77	36,44	0,30	0,23	11,32	10,83	43,49	38,11
$SzD_{5\%}$	11,48	16,28	10,55	13,41	-	-	0,88	1,67	10,15	15,65

A kukoricahibridek közül a legmagasabb fenometriai tulajdonság átlagértékeket mértem az *SzeTC 465* háromvonalas kontroll hibridnél. A hibrid átlagos növénymagasságának: 249,66 cm-t; az átlagos csőeredési magasságának: 81,00 cm-t; csőhosszának: 16,98 cm-t mértem.

A kukoricahibridek a növénymagasságra bizonyítható hatást mértek ($SzD_{5\%}=19,15$)(**16. táblázat Melléklet**). Az átlagos növénymagasság 218,38 cm-t mutatott. Az általam nemesített kétvonalas hibridek közül a $GK49\ bm_3 \times GK42\ bm_3$ növénymagasságra számított számtani átlaga volt a legmagasabb (223,00 cm 2010-ben). A legalacsonyabb átlagot (192,00 cm) a $GK42\ bm_3 \times GK43\ bm_3$ -nél mértem.

Az alsó csőeredés magasságára nézve a kukoricahibrideknek jelentős hatása volt a vizsgált kísérleti évben ($SzD_{5\%}=15,12$)(**16. táblázat Melléklet**). A hibridek átlagértéke 62,80 cm-t mutatott. A legmagasabb átlagos növénymagasságot elért hibridnek, a $GK49\ bm_3 \times GK42\ bm_3$ -hez fűződött a legalacsonyabb a csőeredési magassága (46,50 cm). A saját nemesítésű kétvonalas hibridjeim közül a legmagasabb átlagos csőeredési magasság értéket (74,00 cm-t) érte el a $GK49\ izogén \times GK42\ izogén$.

A csőeredési magasság és a növénymagasság aránya minden felvételezett hibridnél alacsony volt. Az átlagos viszonyszám 0,28. A legmagasabb arányt a 0,33-at a $GK49\ izogén \times GK42\ izogén$ -nél számoltam. A legkisebb viszonyszám a 0,20 volt, amelyet a $GK49\ bm_3 \times GK42\ bm_3$ -nél határoztam meg. A vizsgált genotípusoknak hatása volt a csőhosszra nézve is ($SzD_{5\%}=1,06$)(**16. táblázat Melléklet**). A hibridek csőhosszának átlagos értéke 15,60 g volt. A hibridekre jellemző a rövid csőhossz. A saját nemesítésű kétvonalas hibridjeim közül a $GK49\ izogén \times GK42\ izogén$ rendelkezett a leghosszabb csőhosszal (15,72 cm). A legrövidebb átlagos csőhosszértéket a $GK42\ bm_3 \times GK43\ bm_3$ érte el (14,11 cm). A csőtömegre jelentős hatást gyakoroltak a vizsgált genotípusok ($SzD_{5\%}=22,95$) (**16. táblázat Melléklet**). Az átlagértékük 108,29 g volt. A legnagyobb csőtömegértéket (135,61 g-ot) a $GK49\ izogén \times GK42\ izogén$ -nél találtam. A bm_3 gént tartalmazó kukoricahibridek csőtömegértékei 72,27 g-tól 106,18 g-ig terjedtek, míg az izogén kukoricahibridek csőtömegének értékeit 107,39-135,61 g-ig felvételeztem. (**17. táblázat**).

17. táblázat A brown midrib és az izogén kukoricahibridek fenometriai tulajdonságainak átlaga (Debrecen, 2010)

Hibridek	Növény- magasság (cm)	Csőeredési magasság (cm)	Vszony- szám	Csőhossz (cm)	Csőtömeg (g)
GK49 izogén x GK42 izogén	218,00	74,00	0,33	15,72	135,61
GK49 bm_3 x GK42 bm_3	223,00	46,50	0,20	15,32	72,27
GK42 izogén x GK43 izogén	218,66	55,00	0,25	15,28	107,39
GK42 bm_3 x GK43 bm_3	192,00	53,33	0,27	14,11	97,39
SzeTC 465	249,66	81,00	0,32	16,98	130,94
SzeTC 465 bm_3	209,00	67,00	0,32	16,20	106,18
Átlag	218,38	62,80	0,28	15,60	108,29
$SzD_{5\%}$	19,15	15,12	-	1,06	22,95

A szülők átlagának százalékában számított heterózis mértékét a növénymagasságra és a csőeredési magasságra nézve a **18. táblázat**, míg a csőhosszra és a csőtömegre nézve a **19. táblázat** mutatja be. A növénymagasság esetében a legnagyobb mértékű heteróziót (68,12%) és heterobeltiózist (66,44%) az *SzeTC 465* háromvonalas hibridnél tapasztaltam. A saját nemesítésű kétvonalas kukoricahibridjeink közül a legnagyobb átlagos heterózis mértékét (67,25%) a növénymagasságnál a *GK49 bm₃ x GK42 bm₃* érte el, ugyanakkor egyértelműen megmutatkozott a hibrid fölénye is a jobbik beltenyészett vonalhoz viszonyítva (58,15%). A csőeredési magasság tekintetében szintén pozitív heterózis jelentkezett minden vizsgált hibridnél. A csőeredés magasságára nézve a legnagyobb hibridvigort (113,50%) számoltam a *GK49 izogén x GK42 izogén* esetében valamint a jobbik szülő átlagát 93,06%-al haladta meg az F₁-nemzedék.

18. táblázat Heteróizhatás-vizsgálat a brown midrib kukoricahibridek növénymagasságánál és a csőeredési magasságánál (Debrecen, 2010)

Hibridek	Heterózis mértéke (növénymagasság)				Heterózis mértéke (csőeredési magasság)			
	Átlagos heterózis		Heterobeltiózis		Átlagos heterózis		Heterobeltiózis	
	%-os	abszolút	%-os	abszolút	%-os	abszolút	%-os	abszolút
GK49 izogén x GK42 izogén	55,16	7,75	46,30	69,00	113,50	39,34	93,06	35,67
GK49 bm ₃ x GK42 bm ₃	67,25	89,67	58,15	82,00	76,60	20,17	43,82	14,17
GK42 izogén x GK43 izogén	29,38	49,66	15,69	29,66	39,24	15,5	14,58	7,00
GK42 bm ₃ x GK43 bm ₃	15,20	25,34	-0,17	-0,33	31,71	12,84	9,59	4,67
SzeTC 465	68,12	101,16	66,44	99,66	50,58	27,21	33,77	20,45
SzeTC 465 bm ₃	38,87	58,51	30,29	48,60	29,39	15,22	20,50	11,40

A *GK49 izogén x GK42 izogén* heterózis értékei voltak a legmagasabbak a csőhosszra és a csőtömegre számítva. A csőhossz átlagos heterózisának mértéke 58,78%-os volt, míg a heterobeltiózis értéke 57,20%-ot mutatott. A hibrid a csőtömege 423,79%-kal haladta meg a szülők átlagát, míg a jobbik szülő átlagához képest 390,62%-os hibridfölny jelentkezett.

19. táblázat Heteróizhatás-vizsgálat a brown midrib kukoricahibridek csőhosszánál és csőtömegénél (Debrecen, 2010)

Hibridek	Heterózis mértéke (csőhossz)				Heterózis mértéke (csőtömeg)			
	Átlagos heterózis		Heterobeltiózis		Átlagos heterózis		Heterobeltiózis	
	%-os	abszolút	%-os	abszolút	%-os	abszolút	%-os	abszolút
GK49 izogén x GK42 izogén	58,78	5,82	57,20	5,72	423,79	109,72	390,62	107,97
GK49 bm ₃ x GK42 bm ₃	40,55	4,42	40,55	3,82	92,56	34,74	71,58	30,15
GK42 izogén x GK43 izogén	34,27	3,90	17,90	2,32	194,21	70,89	119,79	58,53
GK42 bm ₃ x GK43 bm ₃	28,50	3,13	22,69	2,61	126,75	54,44	83,89	44,43
SzeTC 465	-24,76	-5,59	-4,76	-5,59	187,52	85,40	106,36	67,49
SzeTC 465 bm ₃	24,90	3,23	22,26	2,95	105,61	54,54	103,95	54,12

4.1.3. A brown midrib kukoricahibridek internódiumainak jellemzői, összefüggés a tényezők között

A *GK49 bm₃ x GK42 bm₃* átlagos internódium tömege nagyobb volt (41,98 g), mint az *SzeTC 465* átlagos internódium tömege (25,83 g). A *GK49 bm₃ x GK42 bm₃* esetében a 4. szárrész tömege 68,63 g-ot, míg az *SzeTC 465 bm₃* 4. internódium tömege 50,03 g-ot ért el. Mindkettőre jellemző, hogy a legfelső szárrész tömegét találtam a legkisebbnek, ez a *GK49 bm₃ x GK42 bm₃* esetében 11,96 g-ot, míg a *SzeTC 465 bm₃*-nél 5,60 g-ot mutatott.

Az internódium tömegek között szignifikáns különbséget mutattam ki, amelyek a következők: a *GK49 bm₃ x GK42 bm₃*-nél ($SzD_{5\%}=13,03$) és az *SzeTC 465 bm₃* esetében ($SzD_{5\%}=11,55$).

Az internódiumok átmérője a *GK49 bm₃ x GK42 bm₃* esetében nagyobb volt (1,72 cm) mint az *SzeTC 465 bm₃* esetében (1,30 cm). A 3. internódium átmérőjét találtam a legnagyobbak a mért értékek közül: *GK49 bm₃ x GK42 bm₃* (2,23 cm) és az *SzeTC 465 bm₃* (1,93 cm). Az utolsó szártag átmérőjének értékeinél mértem a legkisebbet: *GK49 bm₃ x GK42 bm₃* (0,80 cm) és az *SzeTC 465 bm₃* (0,40 cm) (**20. táblázat**). A szárrész átmérője között bizonyítható hatást mutattam ki, amelyek a következők: *GK49 bm₃ x GK42 bm₃* ($SzD_{5\%}=0,19$) és az *SzeTC 465 bm₃* ($SzD_{5\%}=0,30$)(**21. táblázat Melléklet**).

A 7. internódium térfogata: 130,90 cm³ a *GK49 bm₃ x GK42 bm₃* hibridnél, míg az *SzeTC 465 bm₃* hibridnél: 87,48 cm³- számoltam.

20. táblázat A *GK49 bm₃ x GK42 bm₃* és az *SzeTC 465 bm₃* kukoricahibridek internódiumainak fenometriai jellemzői (Debrecen, 2010. 07. 04.)

Hibrid	*Int. sorsz.	Tömeg (g)	Hossz (cm)	Átmérő (cm)	Hibrid	Int. sorsz.	Tömeg (g)	Hossz (cm)	Átmérő (cm)
<i>GK49 bm₃ x GK42 bm₃</i>	1.	39,60	8,50	1,96	<i>SzeTC 465 bm₃</i>	1.	29,53	8,33	1,63
	2.	58,00	13,66	2,00		2.	40,70	12,26	1,80
	3.	70,43	16,83	2,23		3.	45,13	14,50	1,93
	4.	68,63	17,33	2,20		4.	50,03	16,50	1,90
	5.	64,26	15,66	2,20		5.	36,96	16,83	1,83
	6.	39,20	14,83	1,96		6.	26,33	15,83	1,70
	7.	36,80	15,16	1,66		7.	24,36	15,83	1,33
	8.	31,60	14,83	1,53		8.	19,53	15,66	1,10
	9.	24,53	14,33	1,33		9.	14,96	16,16	0,90
	10.	16,83	13,33	1,06		10.	9,56	15,00	0,66
	11.	11,96	12,83	0,80		11.	7,33	14,33	0,53
						12.	5,60	11,43	0,40
átlag		41,98	14,29	1,72	átlag		25,83	14,38	1,30
SzD_{5%}		13,03	3,04	0,19	SzD_{5%}		11,55	2,47	0,30

Rövidítések: *Int.sorsz.:Internódiumok sorszáma

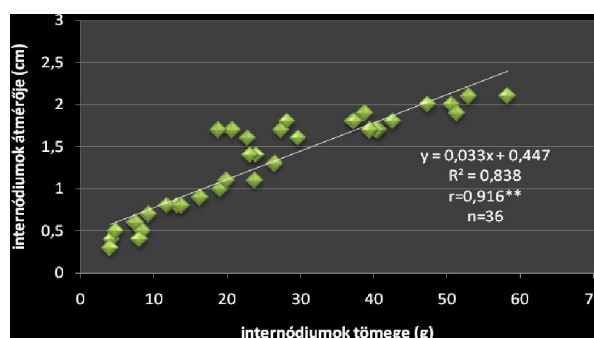
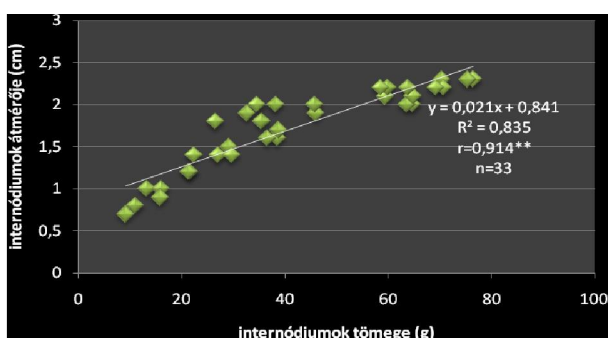
Igen szoros pozitív szignifikáns összefüggést találtam a *GK49 bm₃* x *GK42 bm₃* és az *SzeTC 465 bm₃* internódiumainak tömege és átmérője között ($r=0,914^{**}$), ($r=0,916^{**}$)(22. táblázat).

22. táblázat Az internódium paramétereinek korrelációs mátrixa a *GK49 bm₃* x *GK42 bm₃* és az *SzeTC 465 bm₃* kukoricahibrideknél

	tömeg	hossza	átmérő
tömeg	1	0,506**	0,914**
hossza	0,506**	1	0,301
átmérő	0,914**	0,301	1

	tömeg	hossza	átmérő
tömeg	1	0,129	0,916**
hossza	0,129	1	0,102
átmérő	0,916**	0,102	1

A korreláció **0,01 szinten szignifikáns



1. ábra Összefüggés-vizsgálat az internódiumok tömege és az átmérője között a *GK49 bm₃* x *GK42 bm₃* és az *SzeTC 465 bm₃* hibrideknél (Debrecen, 2010. 07. 04.)

Az igen szoros pozitív szignifikáns kapcsolatot az **1. ábrán** szemléltetett regressziós egyenesek mutatják (**1. ábra**).

4.1.4. A brown midrib kukorica növényi részeinek detergens rosttartalom-vizsgálata

A csőnek és a szárnak találtam a legkisebb a lignintartalmát (ADL). A cső lignintartalmának intervalluma 1,75-4,86% míg, a szár ADL-tartalmának tartomány értékei 3,73-5,30%-ig terjedtek. A vizsgált genotípusok közül a legkevesebb lignintartalmat (1,75%) az *SzeTC 465 bm₃* csőtermésénél mértem. A vonalak közül a *GK49 bm₃* szárában mutattam ki a legkevesebb lignint (3,73%). A vizsgált brown midrib kukoricák minden növényi részében alacsonyabb savdetergens lignintartalmat vizsgáltam, mint az izogén változataiknál. A cső, a szár és a szecska lignintartalmára a *GK49 bm₃* jelentősen szignifikáns hatását mutattam ki.

Az említett növényi részek közül a *GK49 bm₃* csövénel kevesebb lignint (3,12%) mértem, mint a *GK49 izogén* csőtermésénél 4,86%. A cső lignintartalmának átlagértékei közötti szignifikáns differencia értéke ($SzD_{5\%}=0,66$) volt.

A *GK49 bm₃* szárának lignintartalma szintén alacsonyabb értéket (3,73%) mutatott, mint az *GK49 izogén* változata (5,30%). A szár lignintartalma közötti szignifikáns differencia értékének $SzD_{5\%}=0,53$ -ot számoltam.

A szecska ADL-tartalma a brown midrib gén hatására a *GK49 bm₃* vonalnál kevesebb (4,35%) volt, mint a *GK49 izogén* vonalnál (5,87%). Igazolt különbséget találtam a szecska lignintartalmának átlagértékei között ($SzD_{5\%}=0,76$). A *GK43 bm₃* csőtermésének ADL-tartalma mutatta a legkisebb értéket a vizsgált vonalak közül, amely 3,06%-os volt, míg a *GK43 izogén* változatának ADL-tartalmát 3,94%-ban határoztam meg. A középértékek között jelentős szignifikáns eltérés mutatkozott ($SzD_{5\%}=0,50$). Az *SzeTC 465 bm₃* hibrid növényi részei közül a szár detergens lignintartalmánál mutatkozott igazolt génhatás ($SzD_{5\%}=0,18$). A szár lignintartalma a növényi szárazanyagban az *SzeTC 465 bm₃* hibridnél kevesebb (4,45%) értéket mutatott mint az *izogén* hibridnél (4,97%).

A minták savdetergens rosttartalom intervallumának értékei a csőben (26,27-32,62%) alacsonyabbak, mint a szárban (31,31-35,83%) és a szecskában (29,64-33,13%). A mérések többségénél találtam kevesebb ADF-tartalmat a brown midrib kukoricáknál a cső, a szár és a szecska alkotórészeiben, de a brown midrib és az *izogén* változatok középértékei között nincs igazolható eltérés az ADF-tartalomban. A csőtermés ADF-tartalmára a *bm₃* gén bizonyítható hatást mutatott a *GK43 bm₃*-nál ($SzD_{5\%}=1,07$). A *GK43 bm₃* csőtermésénél savdetergens rosttartalom 28,52%-os értéket mutatott, amely alacsonyabb volt, mint az *GK43 izogén* ADF-tartalma (31,33%). Az *SzeTC465 bm₃* kukoricának a hatása igazolható a szecska savdetergens rosttartalmára nézve ($SzD_{5\%}=2,06$). Az *SzeTC 465 bm₃* kukoricahibrid átlagos ADF-tartalmának értéke 29,64%, míg az *SzeTC 465* hibrid ADF-tartalmának értéke 32,99%-ot mutatott. A cső rosttartalma a legkisebb, és a legkevesebb lignint is a cső tartalmazta, ezért az emészthetőségét annak a találtam a legjobbnak a növényi részek közül.

A növényi minták szárazanyagának neutrális detergens rosttartalma a csőben a legkevesebb (41,78-51,22%) a többi növényi részhez viszonyítva. A szárban a mért NDF-tartalom értékek 53,05-57,78% között változtak. A szecska neutrális detergens rosttartalmának intervalluma 49,96-57,61%-os volt. A vizsgálatok többségénél a brown midrib gént tartalmazó mintáknál alacsonyabb értéket mértem, mint az *izogén* változatainál, de igazolható génhatást nem tudtam kimutatni a középértékek között.

Jelentős különbséget számoltam a *GK43 izogén* és a *GK43 bm₃* vonalak csövéénél ($SzD_{5\%}=1,99$).

A vonalak közül a *GK43 bm₃* -nál mértem a legkisebb átlagos neutrális detergens rosttartalom értéket (42,50%), míg a vonal izogén változatának az átlagos NDF-tartalma magasabb volt (45,84%), mint a brown midrib változatáé.

A háromvonalas hibrid *SzeTC 465 bm₃* génhatása jelentős volt a szecska NDF-tartalmára nézve ($SzD_{5\%}=3,32$).

Az *SzeTC 465 bm₃* hibrid szecskájának NDF-tartalma alacsonyabb (49,96%) értéket mutatott, mint az *SzeTC 465* hibrid szecskájának NDF-tartalom értéke (57,61%)(**23. táblázat**).

23. táblázat A brown midrib és az izogén kukorica genotípusok különböző növényi részeinek detergens rosttartalom vizsgálata (Debrecen, 2009. 08. 06.-2010. 08. 15.)

Rostfrakciók	ADL (%)				ADF (%)				NDF (%)			
Növényi részek	levél	cső	szár	szecska	levél	cső	szár	szecska	levél	cső	szár	szecska
GK42 izogén	7,28	4,19	4,99	5,50	28,51	30,52	35,83	32,11	51,59	48,87	54,88	54,83
GK42 <i>bm₃</i>	6,65	3,92	4,20	4,63	28,87	30,02	35,71	33,13	53,02	48,70	56,50	53,29
SzD_{5%}	0,48	0,50 (ns)	1,02 (ns)	0,94 (ns)	1,30 (ns)	2,43 (ns)	2,36 (ns)	1,97 (ns)	2,52 (ns)	6,06 (ns)	3,68 (ns)	3,75 (ns)
GK43 izogén	6,17	3,94	4,72	5,39	29,38	31,33	34,90	31,24	53,53	45,84	57,78	52,88
GK43 <i>bm₃</i>	5,88	3,06	4,24	4,81	30,03	28,52	33,14	30,25	52,83	42,50	53,05	49,96
SzD_{5%}	0,52 (ns)	0,50	0,72 (ns)	0,53 (ns)	1,63 (ns)	1,07	2,36 (ns)	2,10 (ns)	2,95 (ns)	1,99	2,13	3,83 (ns)
GK49 izogén	5,49	4,86	5,30	5,87	29,96	32,62	34,75	33,05	52,93	51,22	53,32	54,37
GK49 <i>bm₃</i>	5,64	3,12	3,73	4,35	29,33	28,98	31,31	29,66	51,22	49,79	53,17	51,83
SzD_{5%}	0,33 (ns)	0,66	0,53	0,76	1,45 (ns)	3,03 (ns)	2,93 (ns)	2,79 (ns)	2,80 (ns)	4,94 (ns)	0,26 (ns)	3,44 (ns)
Sze TC 465	6,15	1,89	4,97	4,95	30,58	26,77	34,50	32,99	54,94	42,50	57,14	57,61
SzeTC 465 <i>bm₃</i>	5,80	1,75	4,45	4,70	30,69	26,27	33,59	29,64	55,56	41,78	56,99	49,96
SzD_{5%}	0,31 (*ns)	0,40 (ns)	0,18	0,46 (ns)	0,70 (ns)	0,76 (ns)	2,04 (ns)	2,06	1,09 (ns)	1,33 (ns)	1,56 (ns)	3,32

Rövidítések: (*ns): nem szignifikáns kezeléshatás

A levél savdetergens rosttartalma és neutrális detergens rosttartalma között a korrelációvizsgálat eredményei szerint igen szoros pozitív szignifikáns kapcsolat volt kimutatható a *GK42 izogén* ($r=0,976^{**}$), a *GK42 bm₃* ($r=0,959^{**}$), a *GK43 izogén* ($r=0,909^{*}$) és a *GK49 izogén* ($r=0,882^{*}$) vonalakban (**24. táblázat Melléklet, 25. táblázat Melléklet, 26. táblázat Melléklet**).

A *GK43 izogén* vonal szárának a savdetergens rosttartalma és a neutrális detergens rosttartalma között szoros pozitív szignifikáns kapcsolat volt kimutatható ($r=0,882^{*}$)(**26. táblázat Melléklet**). A *GK49 bm₃* vonal csőtermésének ADL- és ADF-tartalma között igen szoros pozitív szignifikáns kapcsolatot ($r=0,943^{*}$) találtam (**29. táblázat**).

A szecska savdetergens rosttartalma és neutrális detergens rosttartalma közötti összefüggés-vizsgálat eredményei alapján a következő vonalaknál találtam igen szoros pozitív szignifikáns kapcsolatot: *GK43 izogén* ($r=0,959^{**}$), a *GK49 izogén* ($r=0,914^{*}$), a *GK49 bm₃* ($r=0,979^{**}$)(**25. táblázat Melléklet, 28. táblázat Melléklet, 29. táblázat Melléklet**).

A *GK43 bm₃* szecskájának NDF- és ADL-tartalma között igen szoros pozitív szignifikáns kapcsolatot találtam ($r=0,957^{*}$)(**27. táblázat Melléklet**).

Az *SzeTC 465* levelének NDF-és ADL-tartalma között szoros pozitív szignifikáns kapcsolatot számoltam ($r=0,968^{**}$)(**30. táblázat Melléklet**).

Igen szoros negatív szignifikáns kapcsolatot találtam az összefüggés-vizsgálat eredményei alapján a levél savdetergens rosttartalma és neutrális detergens rosttartalma között a *GK42 bm₃* ($r=-0,953^{*}$) és a *GK43 izogén* ($r=-0,901^{*}$) vonalakban (**25. táblázat Melléklet, 26. táblázat Melléklet**). Szoros negatív szignifikáns összefüggést találtam a *GK49 izogén* csőtermésének savdetergens rosttartalma és savdetergens lignintartalma között ($r=-0,891^{*}$)(**28. táblázat Melléklet**). Az egyes összefüggések 0,01^{**} és 0,05^{*} szinten szignifikánsak.

4.1.5. A brown midrib és az izogén kukoricahibridek, hagyományos cirokhibridek valamint vegyes vetésük szilázsmintáinak emészthetőségi vizsgálata

A kukoricahibridek betakarításkori szárazanyag-tartalmának tartománya optimális volt, amely (30,97-39,00%)-ig változott. A legmagasabb betakarításkori szárazanyag-tartalmat az *SzeTC 465 bm₃* hibrid érte el. Jelentős hatása volt az *SzeTC 465 izogén* és az *SzeTC 465 bm₃* genotípusoknak a silózáskori szárazanyag-tartalomra ($SzD_{5\%}=2,04$). A vegyes vetések szárazanyag-tartalmának intervallum értékei 27,34-34,14%-ig terjedtek. A vizsgált vegyes vetés kombinációk közül a legmagasabb értéket a *Monori édes+SzeTC 465 bm₃* kombináció érte el. A cirokhibrideket nagyon alacsony szárazanyag-tartalomnál takarítottam be (*Róna*: 22,71% és *Monori édes*: 23,88%).

A vizsgált kukoricák közül a brown midrib hibridek nyersfehérjetartalma magasabb, mint az izogén változatuké. A *GK49 bm₃ x GK42 bm₃* kukoricahibridek nyersfehérje-tartalmának értéke 9,33%-os volt, míg a *GK49 izogén x GK42 izogén* hibrid átlagos nyersfehérjetartalma 8,14%-ot mutatott. A *GK49 bm₃ x GK42 bm₃* kukorica-hibridnek a rosttartalom és a detergensrost összetevőinek értéke alacsonyabb volt, mint az izogén változatának rost- és detergensrost összetevői.

A *GK49 bm₃ x GK42 bm₃* hibrid nyersrosttartalom értéke: 19,71%-ot mutatott, míg a hibrid NDF-tartalmának értéke 46,39%-ot ADF-tartalma 26,54%-ot és az ADL-tartalmának értéke pedig 6,00%-ot ért el (**31. táblázat**). A vizsgált kukorica hibridek közül az *SzeTC 465 bm₃* hibridnél mértem a legalacsonyabb nyersrost- (17,63%) és detergensrost-összetevőt (ADF: 22,07%, ADL: 5,03%).

A vegyes vetések közül a *Róna+SzeTC 465 bm₃* kombinációnál találtam az emészthetőségre nézve kedvezőbb beltartalmi paramétereket (magasabb nyersfehérje-tartalom (7,98%) és alacsonyabb nyersrost (22,75%) valamint NDF (48,41%), ADF (26,32%) és ADL-tartalom (5,45%) értékek. A *bm₃* génnek jelentős hatása volt a nyersrosttartalomra (SzD_{5%}=1,44).

31. táblázat A *bm₃*-gént tartalmazó és hagyományos kukoricák, cirkok szilázsának átlagos beltartalma a tejsavas erjedés után (Kaba, 2008. 08. 06.)

Genotípusok	pH-érték	Szárazanyag (%)	Nyersfehérje (%)	Nyersrost (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)
SzeTC 465	4,75	36,14	8,94	22,78	40,05	23,52	5,85
SzeTC 465 <i>bm₃</i>	4,71	39,00	9,20	17,63	40,61	22,07	5,03
SzD _{5%}	0,04 (ns)	2,04	2,85 (ns)	4,66 (ns)	1,44 (ns)	1,27 (ns)	0,89 (ns)
GK49 izo. x GK42 izo.	3,75	30,97	8,14	22,93	50,84	27,22	6,72
GK49 <i>bm₃</i> x GK42 <i>bm₃</i>	3,69	31,68	9,33	19,71	46,39	26,54	6,00
SzD _{5%}	0,04	1,34 (ns)	1,62 (ns)	4,37 (ns)	3,41	0,72 (ns)	0,46
Monori édes	4,12	23,88	8,42	26,11	53,01	30,12	5,93
Róna	6,97	22,71	7,58	27,43	48,23	28,92	6,29
SzD _{5%}	0,08	4,15 (ns)	1,55 (ns)	1,87 (ns)	2,23	2,51 (ns)	1,02 (ns)
Monori édes + SzeTC 465	5,34	31,47	7,72	24,60	49,14	26,91	6,24
Monori édes + SzeTC 465 <i>bm₃</i>	3,97	34,14	8,06	22,91	48,90	26,03	5,68
SzD _{5%}	0,025	2,23 (ns)	0,57 (ns)	1,21	4,02 (ns)	0,93 (ns)	0,63 (ns)
Róna + Sze TC 465	3,78	27,34	7,79	26,71	49,10	26,80	5,68
Róna + Sze TC 465 <i>bm₃</i>	4,15	27,98	7,98	22,75	48,41	26,32	5,45
SzD _{5%}	0,027	3,00 (*ns)	1,51 (ns)	1,44	5,03 (ns)	1,06 (ns)	0,19 (ns)

Rövidítések: (*ns): nem szignifikáns kezeléshatás

A betakarításkori szárazanyag-tartalom és a neutrális detergens rosttartalom között az összefüggés-vizsgálatok eredményei szerint igen szoros negatív szignifikáns korrelációt tapasztaltam az izogén kukorica ($r=-0,901^*$) és a brown midrib kukorica ($r=-0,926^{**}$) hibridekben.

A savdetergens rosttartalom és a savdetergens lignintartalom között az összefüggés-vizsgálatok eredményei szerint igen szoros pozitív szignifikáns és szoros pozitív szignifikáns korrelációt írtam le az izogén kukorica ($r=0,914^*$) és a brown midrib ($r=0,867^*$) kukoricahibridekben (32. táblázat Melléklet, 33. táblázat).

A neutrális detergensrosttartalom és a savdetergens rosttartalom között az összefüggés-vizsgálatok eredményei szerint igen szoros pozitív szignifikáns korrelációt tapasztaltam az izogén kukorica ($r=0,934^{**}$) és a brown midrib kukorica ($r=0,986^*$) hibridekben.

33. táblázat A brown midrib kukorica szilázsminták emészthetőségi tulajdonságainak korrelációs mátrixa

bm ₃ kukorica	szárazanyag	pH	nyersfehérje	nyersrost	NDF	ADF	ADL
szárazanyag	1	0,975**	-0,056	-0,455	-0,926**	-0,882*	-0,684
pH	0,975**	1	-0,072	-0,451	-0,979**	-0,957**	-0,754
nyersfehérje	-0,056	-0,072	1	-0,619	-0,081	-0,044	-0,387
nyersrost	-0,455	-0,451	-0,619	1	0,530	0,559	0,679
NDF	-0,926**	-0,979**	-0,081	0,530	1	0,986*	0,837*
ADF	-0,882*	-0,957**	-0,044	0,559	0,986**	1	0,867*
ADL	-0,684	-0,754	-0,387	0,679	0,837*	0,867*	1

A korreláció **0,01 szinten és *0,05 szinten szignifikáns

A nyersrosttartalom és a savdetergens lignintartalom között az összefüggés-vizsgálatok eredményei szerint igen szoros pozitív szignifikáns korrelációt tapasztaltam a brown midrib kukoricából álló vegyes vetésben ($r=0,923^{**}$)(34. táblázat).

34. táblázat A brown midrib kukoricából és cirokból készült vegyes vetés szilázsminták emészthetőségi tulajdonságainak korrelációs mátrixa

vegyes bm ₃	szárazanyag	pH	nyersfehérje	nyersrost	NDF	ADF	ADL
szárazanyag	1	-0,934**	0,090	-0,081	0,280	-0,226	0,064
pH	-0,934**	1	-0,214	-0,090	-0,235	0,369	-0,308
nyersfehérje	0,090	-0,214	1	-0,449	0,860*	-0,138	-0,329
nyersrost	-0,081	-0,090	-0,449	1	-0,803	-0,727	0,923**
NDF	0,280	-0,235	0,860*	-0,803	1	0,211	-0,695
ADF	-0,226	0,369	-0,138	-0,727	0,211	1	-0,630
ADL	0,064	-0,308	-0,329	0,923**	-0,695	-0,630	1

A korreláció **0,01 szinten és *0,05 szinten szignifikáns

A szárazanyag-tartalom és a savdetergens lignintartalom között az összefüggés-vizsgálatok eredményei szerint szoros pozitív szignifikáns korrelációt tapasztaltam az izogén kukoricából álló vegyes vetésben ($r=0,890^*$)(35. táblázat Melléklet).

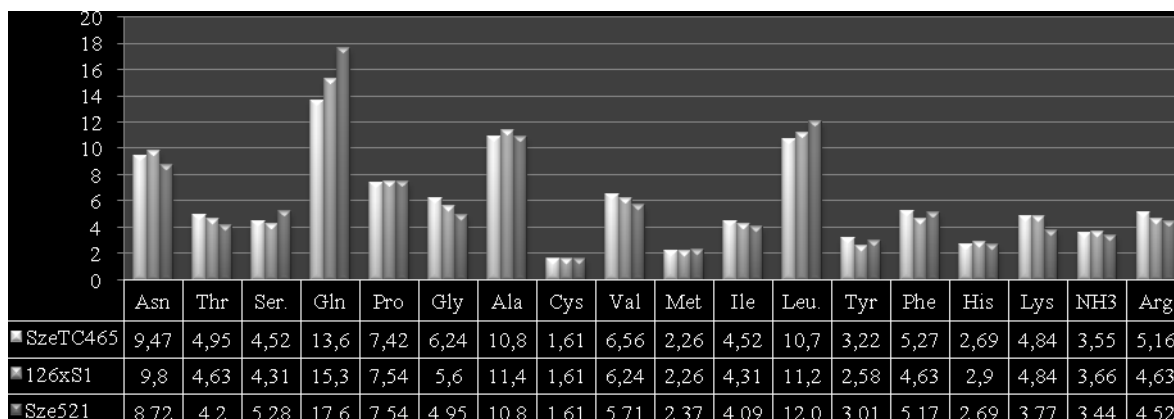
4.1.6. Az aminosav- és a nyersfehérje-tartalom elemzése a szilázsmintákban

A kukoricaszilázs-minták közül az *Sze 521* hibridnél a legmagasabb 8,29% nyersfehérje-tartalmat és a legalacsonyabb lizintartalmat (3,77 g/100 g fehérje) mértem 3,93 pH-értéknél.

A cirokhibridek közül a legmagasabb nyersfehérje-tartalmat (4,15%) a *Cellu édes* hibrid érte el 4,15 pH-értéknél. A *Cellu édes*-nél a legalacsonyabb lizintartalmat (4,00 g /100 g fehérje) és a legkevesebb metionin-tartalmat (2,05 g/100 g fehérje) határoztam meg a legmagasabb fehérjetartalom szintjén (4,15%).

Az *SzeTC 465+Monori édes* vegyes vetés esetében mutattam ki a legmagasabb nyersfehérje-tartalmat (8,64%), amelyhez szintén a legmagasabb pH- érték (4,04) tartozott a vegyes kombinációk kategóriájában (**36. táblázat Melléklet**).

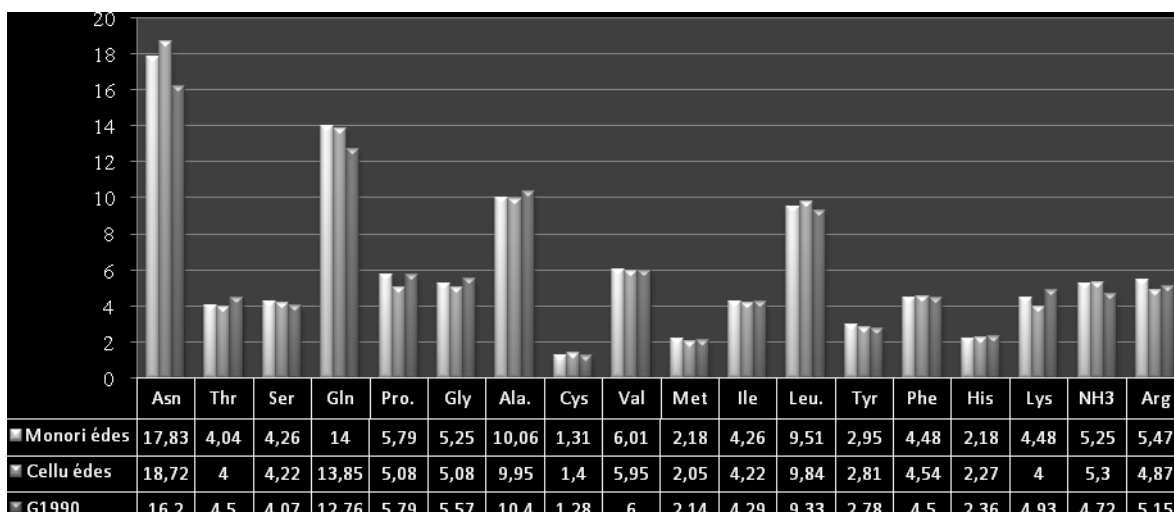
A vizsgált kukoricahibridek közül az *SzeTC 465* és a *126 x S₁* kukoricahibridek lizintartalomban (4,84 g/ 100 g fehérje), metionin-tartalomban (2,26 g/100 g fehérje) és cisztein-tartalomban (1,61 g/ 100 g fehérje) azonos mennyiséget mutattak. Az elemzett aminosavak közül a leggazdagabb az *Sze 521* hibrid volt a következő aminosavakban: glutaminsav (17,67 g/100 g fehérje), alanin (10,88 g/100 g fehérje), leucin (12,06 g/100 g fehérje)(**2. ábra**).



2. ábra Az aminosav-tartalom alakulása a kukoricaszilázsoknál g. AS/100 g fehérje
(Kaba, 2008. 08. 06.)

A fontosabb limitáló aminosavak közül a legmagasabb metionin-tartalmat (2,18 g/100 g fehérje) a *Monori édes* hibridnél mértem. A *Cellu édes* esetében elemeztem ki a legtöbb ciszteintartalmat (1,40 g/100 g) és a *G 1990*-nél a lizintartalom legmagasabb értékét (4,93 g/100 g) analizáltam.

A kísérletbe vont cirokhibridek közül a legnagyobb mennyiségben a *Cellu édes*-nél mértem az aszparaginsavat (18,72 g/100 g fehérje) és a leucint (9,84 g/ 100 g fehérje). A legtöbb glutaminsav-tartalmat (14,00 g/ 100 g fehérje) a *Monori édes* cirokhibridnél mutattam ki (**3. ábra**).



3. ábra Az aminosav-tartalom alakulása a cirokszilázsoknál g. AS/100 g fehérje
(Kaba, 2008. 08. 06.)

A $126 \times S_I + \text{Monori édes}$ kombinációnál találtam mindhárom limitáló aminosavból a legtöbbet: lizin (4,89 g/100 g fehérje), metionin (2,06 g/100 g fehérje), cisztein (1,63 g/100 g fehérje). A vegyes vetések között a $126 \times S_I + \text{Monori édes}$ -nél mértem a legmagasabb aszparaginsav- (18,06 g/100 g fehérje) és alanintartalmat (10,22 g/100 g fehérje). A legmagasabb volt a leucintartalom szintje (11,02 g/100 g fehérje) az $SzeTC 465 + \text{Monori édes}$ kombinációnál.

A genotípusok között igazolható eltérés mutatható ki a következő aminosavak között: aszparaginsav ($SzD_{5\%}=3,67$), alanin ($SzD_{5\%}=0,70$), cisztein ($SzD_{5\%}=0,063$), metionin ($SzD_{5\%}=0,126$), leucin ($SzD_{5\%}=1,41$)(**36. táblázat Melléklet**).

Összefüggés-vizsgálatot végeztem a szilázminták aminosav-tartalma között. A fent elemzett aminosavak a következőképpen korreláltak egymással: a lizin szoros pozitív szignifikáns korrelációt mutatott a treoninnal (0,77*), az izoleucinnal (0,78*), a valinnal (0,82*) és a glicinnel (0,84**); a metionin szoros pozitív szignifikáns kapcsolatot mutatott az alaninnal (0,80*); a glutaminsav és a szerin között szoros pozitív szignifikáns korrelációt (0,78*) valamint a leucin és a glutaminsav között igen szoros pozitív szignifikáns kapcsolatot (0,90**) találtam; az aszparaginsav igen szoros negatív kapcsolatot mutatott a hisztidinnel (-0,90*) és a prolinnal (-0,98*)(**37. táblázat Melléklet**).

4.1.7. Heterózisvizsgálat a kukorica meghatározó beltartalmi tulajdonságainál

A szárazanyagban található fehérjetartalom a szülői vonalaknál 9,04-12,62%, a kétvonalas hibrideknél 7,61-9,56% volt. A legmagasabb fehérjetartalom értéket az S_6 vonalnál mértem, a hibridek közül pedig az $S_4 \times S_6$ kombinációban találtam.

A keményítőtartalom elemzése során megállapítottam, hogy a vonalak esetében az értékek 64,37-70,80%-ig változtak, míg a hibridekben mért intervallum 70,84-72,29% volt. A vonalak közül 70,80%-ot mutatott az S_1 -vonat, míg a hibridek közül 72,29%-ot mutattam ki az $S_4 \times S_6$ kétvonalas hibrid esetében.

Az ezerszemtömeg tekintetében a vonalak értékei 213,60-341,30 g között alakultak. A legmagasabb értéket a 126-os vonalnál találtam. A hibrideket illetően a mérések 314,30-426,30 g között változtak. A $126 \times S_1$ hibridnél mértem a 426,3 g-ot (**38. táblázat**).

A vonalak között szignifikáns különbségek voltak a fehérjetartalomban ($SzD_{5\%}=0,67$), a keményítőtartalomban ($SzD_{5\%}=2,16$) és az ezerszemtömegben ($SzD_{5\%}=28,25$). A hibridek közötti statisztikailag igazolható különbséget számoltam az ezerszemtömegben ($SzD_{5\%}=34,66$)(**39. táblázat Melléklet**).

38. táblázat A vizsgált vonalak és a kétvonalas hibridjeik ezerszemtömege, keményítő- és fehérjetartalma (Debrecen, 2008-2009)

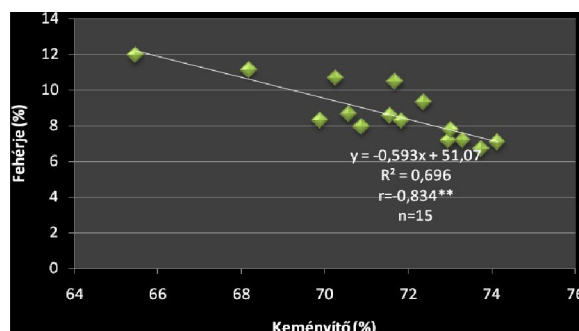
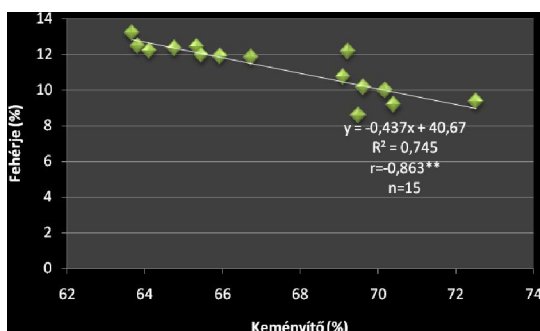
Vonalak	Ezerszemtömeg (g)	Keményítőtartalom (%)	Fehérjetartalom (%)
S_1	311,30	70,80	9,04
S_4	220,30	69,63	10,29
S_5	284,00	64,68	12,25
S_6	213,60	64,37	12,62
126	341,30	67,30	11,97
$SzD_{5\%}$	28,25	2,16	0,67
Hibridek	Ezerszemtömeg (g)	Keményítőtartalom (%)	Fehérjetartalom (%)
$S_1 \times S_4$	365,30	70,84	8,61
$S_1 \times S_6$	348,00	71,22	9,16
$S_4 \times S_6$	314,30	71,33	9,56
$S_5 \times S_1$	368,60	70,95	8,75
$126 \times S_1$	426,30	72,29	7,61
$SzD_{5\%}$	34,66	4,78 (*ns)	3,18' (ns)

Rövidítések: (*ns): nem szignifikáns kezeléshatás

A keményítő- és a nyersfehérje-tartalom alakulása között szoros negatív szignifikáns korrelációt tapasztaltam a kukoricavonalaknál $r=-0,866^{**}$ és a kukorica-hibrideknél $r=-0,834^{**}$ (**40. táblázat**).

40. táblázat A kukorica szemtermés minőségi tulajdonságainak korrelációs mátrixa

kukorica vonalak	keményítő	fehérje	nyerszsír	ezerszem-tömeg	kukorica hibridek	keményítő	fehérje	nyerszsír	ezerszem-tömeg
keményítő	1	-0,863**	-0,001	0,188	keményítő	1	-0,834**	0,079	0,032
fehérje	-0,863**	1	0,236	-0,163	fehérje	-0,834**	1	0,027	-0,325
nyerszsír	-0,001	0,236	1	0,267	nyerszsír	0,079	0,027	1	-0,473
ezerszem-tömeg	0,188	-0,163	0,267	1	ezerszem-tömeg	0,032	-0,325	-0,473	1



A korreláció **0,01 szinten szignifikáns

4. ábra Összefüggés a keményítőtartalom és a nyersfehérje-tartalom alakulása között a kukoricavonalak és a kukorica hibridek esetében

A keményítőtartalom és a nyersfehérje-tartalom közötti szoros korrelációt a **4. ábrán** lévő regressziós egyenesek mutatják (**4. ábra**).

41. táblázat A heterózis mértéke a vizsgált kukorica hibrideknél

Hibridek	Keményítő				Fehérje				Ezerszem-tömeg			
	Átlagos heterózis		Hetero-beltiózis		Átlagos heterózis		Hetero-beltiózis		Átlagos heterózis		Hetero-beltiózis	
	%-os	*absz.	%-os	absz.	%-os	absz.	%-os	absz.	%-os	absz.	%-os	absz.
$S_1 \times S_4$	0,89	0,63	0,056	0,04	-10,86	-1,05	-16,32	-1,68	37,43	9,95	17,34	5,40
$S_1 \times S_6$	5,38	3,64	0,59	0,42	-15,42	-1,67	-27,41	-3,46	32,62	8,56	11,78	3,67
$S_4 \times S_6$	6,46	4,33	2,44	1,70	-1,65	-1,89	-24,24	-3,06	44,90	9,74	42,66	9,40
$S_5 \times S_1$	4,73	3,21	0,21	0,15	-17,76	-1,89	-28,57	-3,50	23,85	7,10	18,40	5,73
$126 \times S_1$	4,69	3,24	2,10	1,49	-27,52	-2,89	-36,42	-4,36	30,64	9,73	25,00	8,50

Rövidítések: *absz.: abszolút

A hibridek keményítőtartalmát tekintve az átlagos heterózis relatív értékei 0,89-6,46%-ig változtak. A szülők átlagát az $S_4 \times S_6$ hibrid 6,46%-kal múlta felül. A hibrid keményítőtartalma 71,33%, míg az S_4 -vonalé 69,63% és az S_6 vonalé 64,37% volt. Az S_4 -vonal keményítőtartalmát 2,44%-kal, míg az abszolút heterózisban kifejezve 1,70%-kal haladta meg.

A legnagyobb keményítőtartalmat (72,29%) mutató hibridnél a $126 \times S_1$ -nél, 4,69%-os fölény jelentkezett a szülők átlagához képest, az abszolút átlagos heterózis

3,24% volt. A heterobeltiózis hatása is érvényesült, a hibrid 2,10%-kal múlta felül a jobbik szülőt (S_1 : 70,80%).

Az ezerszemtömegekre vonatkozóan az átlagos heterózis mértékének intervalluma 23,85-44,90%, míg az abszolút heterózis 7,10-9,95%-ot ért el. 44,90%-kal haladta meg az $S_4 \times S_6$ hibrid a szülőket. A hibrid ezerszemtömege 314,30 g-ot, míg az S_4 vonalé 220,3 g-ot és az S_6 vonalé 213,6 g-ot ért el. A legnagyobb ezerszemtömeget a $I26 \times S_I$ hibrid mutatta, amelynek értéke 426,3 g volt, az átlagos heterózis mértéke pedig 30,64%-ot, míg az abszolút 9,73%-ot ért el. (41. táblázat).

4.1.8. A cirokvonalak morfológiai leírása

Az UPOV 1989. 10. 6. TG 122 technikai irányelve alapján morfológiai leírást készítettem. Az A_{103} vonalat a buga megjelenésének időpontja alapján a késői kategóriájú vonalakhoz soroltam. A virágszerkezet bibéjének sárga színeződése csekély mértékű volt, és a bibe a „közepes” hosszúságot mutatta. A szárátmérő alapján a növényt a „közepes-nagy” csoportba helyeztem. Az A_{133} vonal bugamegjelenésének időpontja késői volt. A virágszerkezet bibéjének sárga színeződése csekély mértékkel rendelkezett és a bibe hosszúsága a „közepes” nagyságrendet érte el. A növény tömött bugával rendelkezett (42. táblázat)(4/e melléklet, 4/f melléklet).

42. táblázat A CPVO TP2/2 tulajdonságok kifejeződési fokozatai a cirokvonalaknál

UPOV száma	Vizsgált cirok genotípusok																	
	A ₁₇	A ₂₄	A ₁₀₃	A ₁₃₃	B ₁₇	B ₂₄	B ₁₀₃	B ₁₃₃	RL ₃	RL ₄	RL ₇	RL ₉	RL ₁₀	RL ₁₁	RL ₁₂	RL ₁₅	RL ₁₆	RL ₁₈
1.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2.	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	5	5	1	5	1	5	1	5
3.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3
4.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5*	3	3	9	9	3	3	9	9	5	3	5	6	4	4	4	5	6	6
6.	3	3	3	3	3	3	3	2	7	5	5	9	7	7	5	7	7	9
7.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
8*	3	3	3	3	3	3	3	3	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5
9*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2
10.	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	5	1	5	5	5	5	5	5
11.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	4	3	4	3
12.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14*	5	1	1	1	5	1	1	1	5	7	5	1	7	1	1	7	7	5
15*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16*	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
17.	5	3	5	5	5	3	5	5	7	7	5	3	7	3	5	3	3	5
18.	7	7	7	7	7	7	7	7	5	7	5	5	7	3	5	3	3	7
19.	7	7	7	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5	7	7	7	7	3
20.	4	5	3	4	4	5	3	4	3	3	4	3	3	4	3	4	4	3
21*	3	1	3	3	3	1	3	3	8	7	7	8	7	7	7	9	5	7
22.	6	4	6	4	6	4	6	4	6	4	4	7	4	4	4	5	5	5
23.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	6	4	5	3	5	5	4
24.	7	7	7	7	7	7	7	7	7	5	5	7	5	6	5	5	7	5

Az RL_{12} vonalat a bugamegjelenése alapján a „korai-közepes” kategóriába helyeztem. A „közepes” hosszúságú bibe sárga színeződése „csekély” mértékű volt, a száraz portokok narancssárga elszíneződést mutattak. A buga tömött volt. A növény a „magas” kategóriába tartozott, és a szárátmérője alapján a kicsi-közepes csoportba volt sorolható (4/c *melléklet*). Az RL_{18} vonal bugamegjelenésének időpontja alapján a „közepes-késői” kategóriába tartozott. A kalászkapelyva színe sárgászöld elszíneződést, míg a száraz portokon narancssárga szín mutatkozott. A buga a tömötsége alapján „laza” kategóriájú volt (4/d *melléklet*)(42. táblázat).

4.1.9. A cirok genotípusok mennyiségi tulajdonságainak leírása és összefüggés-vizsgálat az internódiumok tulajdonságai között

A kísérletben az RL_{15} és az RL_{16} restorer cirokvonalak internódiumaira vonatkozó mennyiségi tulajdonságokat vizsgáltam egymást követő két évben a teljesérés és a virágzás fenofázisában. A két vonal közül az RL_{15} szártagjának átlagos hossza nagyobb (23,22 cm) értéket mutatott és szárátmérője vastagabb (1,32 cm) volt, mint az RL_{16} vonal átlagos szártaghossza (21,92 cm) és szárátmérője (1,14 cm) 2009-ben. Az RL_{16} vonal szárhosszának átlaga nagyobb (30,46 cm) értéket mutatott, mint az RL_{15} vonal átlagos szárhossza (29,27 cm) 2010-ben.

A internódiumok hossza és átmérője az 1-5. ízközig mindkét genotípus esetében a virágzás és a teljesérésben is növekedett, a következőképpen: RL_{16} (18,50-21,16 cm-ig 2009-ben és 12,76-38,20 cm-ig 2010-ben) RL_{15} (20,83-25,16 cm-ig 2009-ben és 11,06-37,16 cm-ig 2010-ben). Általában az 5. internódiumot mértem a leghosszabbnak. Az internódiumok számának jelentős hatása volt a hosszra az RL_{16} vonalnál (2009: $SzD_{5\%}=3,72$ és 2010: $SzD_{5\%}=2,97$). Az RL_{15} vonal szártagjainak darabszáma szignifikáns hatást mutatott a szárhosszra nézve mindkét évben (2009: $SzD_{5\%}=0,15$ és 2010: $SzD_{5\%}=0,22$ (43. táblázat *Melléklet*, 44. táblázat *Melléklet*).

Az RL_{15} átlagos szártömege nagyobb (48,27 g) mint az RL_{16} átlagos szártömege (44,08 g). Az internódiumok tömege mindkét vizsgált növénynél emelkedett az 5. internódiumig a következőképpen: RL_{16} : (23,60-53,53 g) és az RL_{15} : (22,10-63,66 g). Az RL_{16} genotípusnak is ($SzD_{5\%}=12,04$) és az RL_{15} vonalnak is ($SzD_{5\%}=12,83$) igazolható hatása volt az internódium tömege nézve (45. táblázat).

45. táblázat Az internódiumok fenometriai tulajdonságainak alakulása a **RL₁₆** és az **RL₁₅** cirokvonalaknál a teljesérés (Debrecen, 2009. 07. 27.) és a virágzás fenofázisában (Debrecen, 2010. 07. 21.)

Genotípus	*i.n. s.sz.	hossz (cm)	átmérő (cm)	Genotípus	tömeg (g)	hossz (cm)	átmérő (cm)
2009				2010			
RL ₁₆	1.	18,50	1,23	RL ₁₆	23,60	12,76	1,23
	2.	25,00	1,33		47,46	26,13	1,43
	3.	27,66	1,23		59,60	34,10	1,50
	4.	24,83	1,20		61,53	36,83	1,43
	5.	21,16	1,10		53,53	38,20	1,33
	6.	17,50	1,00		37,90	35,66	1,16
	7.	18,83	0,90		24,96	29,60	0,96
átlag		21,92	1,14	átlag	44,08	30,46	1,29
SzD_{5%}		3,72	0,30 (ns)	SzD_{5%}	12,04	2,97	0,19
Genotípus	*i.n. s.sz.	hossz (cm)	átmérő (cm)	Genotípus	tömeg (g)	hossz (cm)	átmérő (cm)
2009				2010			
RL ₁₅	1.	20,83	1,40	RL ₁₅	22,10	11,06	1,21
	2.	26,16	1,46		45,80	22,66	1,40
	3.	25,66	1,53		65,10	32,83	1,56
	4.	23,00	1,36		71,43	36,66	1,56
	5.	25,16	1,46		63,66	37,16	1,46
	6.	20,50	1,26		50,70	34,50	1,41
	7.	20,00	1,20		38,76	31,73	1,28
	8.	24,50	0,96		28,66	27,56	1,10
átlag		23,22	1,32	átlag	48,27	29,27	1,37
SzD_{5%}		4,68 (ns)	0,15	SzD_{5%}	12,83	5,44	0,22

Rövidítések: *i.n.s.sz.: internódiumok sorszám

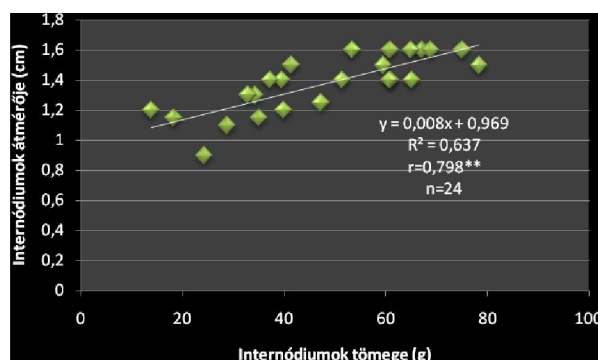
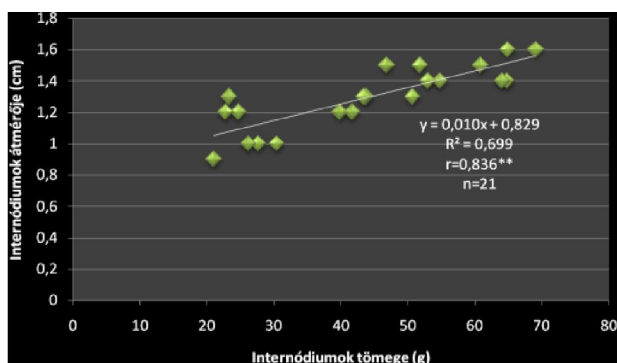
Az internódiumok mennyiségi tulajdonságai között elvégzett összefüggés-vizsgálat eredményei alapján megállapítottam a szoros pozitív szignifikáns különbséget az internódiumok tömege és átmérője között az **RL₁₆** vonalnál $r=0,836^{**}$ és az **RL₁₅** vonalnál $r=0,798^{**}$ a virágzás fenofázisában 2010-ben (**46. táblázat**). A kapcsolatok szorosságát az **5. ábrán** bemutatott regressziós egyenesek szemléltetik.

46. táblázat Az internódiumok mennyiségi tulajdonságainak korrelációs mátrixa az RL_{16} és az RL_{15} vonalaknál

Évjárat	tömeg	hossz		átmérő	
	2010	2009	2010	2009	2010
tömeg	1	-	0,634*	-	0,836**
hossz	0,634*	1	1	0,450*	0,153
átmérő	0,836**	0,450*	0,153	1	1

**0,01 szinten szignifikáns, *0,05 szinten szignifikáns

Évjárat	tömeg	hossz		átmérő	
	2010	2009	2010	2009	2010
tömeg	1	-	0,748**	-	0,798**
hossz	0,748**	1	1	0,206	0,376
átmérő	0,798**	0,206	0,376	1	1



5. ábra Összefüggés-vizsgálat az internódiumok tömege és az átmérője között az RL_{16} és az RL_{15} cirokvonalaknál a virágzás fenofázisában (Debrecen, 2010.07.21.)

Az $SL_1 \times RL_{12}$ és az $SL_2 \times RL_{12}$ saját nemesítésű kétvonalas cukorcirok-hibridek internódiumainak mennyiségi tulajdonságait vizsgáltam. A kísérletet a virágzás fenofázisában 2010-ben végeztem el. A két hibridünk közül az $SL_2 \times RL_{12}$ szárának átlagos tömege (46,93 g), átlagos hossza (24,28 cm) és átlagos átmérője (1,48 cm) magasabb volt, mint az $SL_1 \times RL_{12}$ mért paraméterei. Mindkét hibrid internódiumainak tömege és átmérője a 4. szártagig növekedett (tömeg: 17,00-46,53 g átmérő: 1,26-1,40 cm, $SL_1 \times RL_{12}$) és (tömeg: 22,43-65,20 g, átmérő: 1,50-1,68 cm $SL_2 \times RL_{12}$)(**47. táblázat**). Az $SL_1 \times RL_{12}$ hibridnek jelentős hatása volt a tömegre ($SzD_{5\%}=17,16$ és a hosszra ($SzD_{5\%}=5,61$).

Az $SL_2 \times RL_{12}$ hibridnek igazolható hatását mutattam ki a szártag tömegére ($SzD_{5\%}=12,63$), hosszára ($SzD_{5\%}=4,41$), és átmérőjére ($SzD_{5\%}=0,24$)(**48. táblázat Melléklet**).

47. táblázat Az internódiumok mennyiségi tulajdonságainak alakulása az $SL_1 \times RL_{12}$ és az $SL_2 \times RL_{12}$ cirokhibrideknél (Debrecen, 2010. 07. 20-23.)

Hibrid	*I.n s.sz.	Tömeg (g)	Hossz (cm)	Átmérő (cm)	Hibrid	Tömeg (g)	Hossz (cm)	Átmérő (cm)
$SL_1 \times RL_{12}$	1.	17,00	8,16	1,26	$SL_2 \times RL_{12}$	22,43	11,66	1,50
	2.	31,90	18,16	1,36		50,66	22,90	1,65
	3.	42,13	24,13	1,40		63,33	27,20	1,66
	4.	46,53	28,43	1,40		65,20	28,46	1,68
	5.	43,06	29,00	1,33		61,76	29,50	1,56
	6.	35,16	28,33	1,23		53,90	29,43	1,50
	7.	26,40	24,96	1,10		43,16	25,50	1,36
	8.	22,30	25,66	0,96		33,40	22,26	1,26
						28,60	21,66	1,16
átlag		33,06	23,35	1,25	átlag	46,93	24,28	1,48
SzD _{5%}		17,16	5,61	0,37 (ns)	SzD _{5%}	12,63	4,41	0,24

Rövidítések: *I.n.s.z.: internódiumok sorszáma

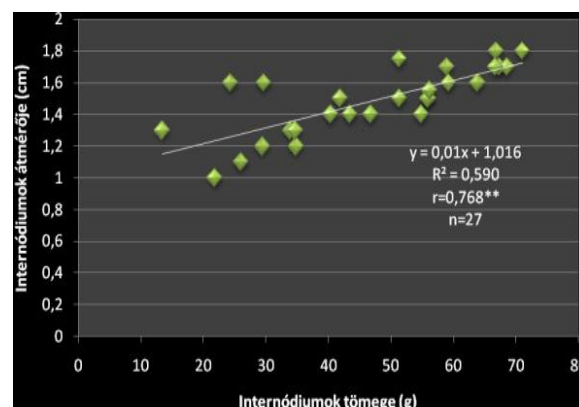
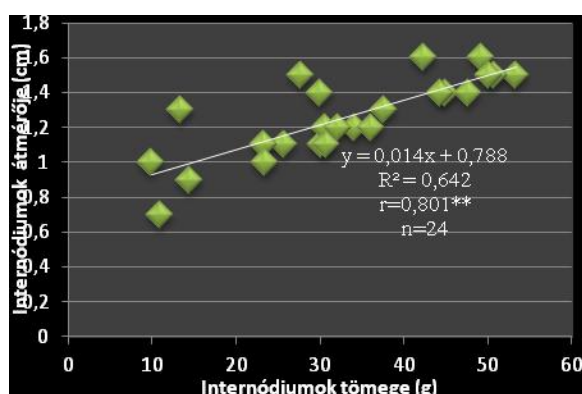
A tömeg és az átmérő között szoros pozitív szignifikáns összefüggést találtam az $SL_1 \times RL_{12}$ ($r=0,801^{**}$) és az $SL_2 \times RL_{12}$ hibridnél ($r=0,768^{**}$)(**49. táblázat**). A korrelációk szorosságát a **6. ábrán** lévő regressziós egyenesek szemléltetik.

49. táblázat Az internódiumok mennyiségi tulajdonságainak korrelációs mátrixa az $SL_1 \times RL_{12}$ és az $SL_2 \times RL_{12}$ hibrideknél

	tömeg	hossz	átmérő
tömeg	1	0,561**	0,801**
hossz	0,561**	1	0,034
átmérő	0,801**	0,034	1

A korreláció 0,01**szinten szignifikáns

	tömeg	hossz	átmérő
tömeg	1	0,738**	0,768**
hossz	0,738**	1	0,254
átmérő	0,768**	0,254	1



6. ábra Összefüggés-vizsgálat az internódiumok tömege és az internódiumok átmérője között az $SL_1 \times RL_{12}$ és az $SL_2 \times RL_{12}$ cirokhibridnél a virágzás fenofázisában (Debrecen, 2010. 07. 20-23.)

4.1.10. A refrakciósázalék átlagos értékei a restorer cirokvonalak eltérő fenofázisaiban

A kísérletem keretében 10 silócirok típusú cukorcirok restorer vonal refrakciósázalékának alakulását vizsgáltam a teljes vegetációs periódusban 2009-ben és 2010-ben. Kontroll növényként - a legmagasabb átlagos refrakciósázalékkal rendelkező - RL_{12} vonal szerepelt. A vizsgált vonalak közül az RL_9 és az RL_{18} hosszú tenyészidejűek és vastag szárúak voltak, nagyobb mennyiségű levelet termeltek és alacsonyabb refrakciós szárazanyag-tartalommal RL_9 : (15,88% 2009-ben), RL_{18} : (17,01% 2010-ben) rendelkeztek, mint a rövidebb tenyészidejű magasabb cukortartalmú vonalak (8 internódiumos) RL_{12} : (22,35% 2009-ben) a teljesérésben. (**50. táblázat**). A refraktométeres szárazanyag-tartalomra a 8 internódiumos genotípusoknak találtam a legtöbb fenofázisban igazolható hatását (**51. táblázat Melléklet**).

A 7 és a 8 internódiumos csoportba rövid vegetációs idejű vonalak tartoztak. Az RL_{16} refrakciósázaléka magasabb értékeket mutatott a vegetációs időszak során: 7,01-18,76% 2009-ben és 6,57-18,02% 2010-ben, mint az RL_{10} vonal refrakciósázalékának érték intervallumai: 6,90-16,77% 2009-ben és 4,85-18,02% 2010-ben. A vonalak között teljesérésben mindkét évben szignifikáns különbség volt: $SzD_{5\%}=1,85$ 2009-ben, $SzD_{5\%}=1,17$ 2010-ben.

A 8 internódiumos csoportba tartozó vonalak közül az RL_{12} -nek mindkét vizsgálati év vegetációs idejében a legmagasabb refrakciós cukortartalmát mértem (10,33-22,35% 2009-ben és 10,69-21,78% 2010-ben). Az RL_{15} vonal Brix-sázalékának számtani átlagai virágzástól a holtérésig a következőképpen alakultak: 8,68-15,85% 2009-ben és 5,95-17,55% 2010-ben. Az RL_4 és az RL_{11} vékony szárú, szirupkészítésre alkalmas nagyon rövid vegetációs idejű vonalak, amelyek refraktométeres cukortartalmát a **50. táblázat** szemlélteti.

50. táblázat Az átlagos refraktométeres szárazanyag-tartalom (%) változás a restorer cirok-vonalaknál és a kontroll fajtánál (Debrecen, 2009-2010)

Fenofázis	Virágzás		Tejes-érés		Viasz-érés		Teljes-érés		Holt-érés	
Évjárat	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Vonalak										
7 internódiumos										
RL₁₀	6,90	4,85	11,23	5,68	12,71	7,88	16,77	18,02	15,16	14,99
RL₁₆	7,01	6,57	14,54	8,00	15,95	12,50	18,76	17,59	16,10	18,02
SzD_{5%}	1,72 (ns)	1,57 (ns)	1,85	1,17	6,20 (ns)	1,98	3,38 (ns)	1,44 (ns)	3,62 (ns)	4,51 (ns)
8 internódiumos										
RL₄	6,84	3,98	11,58	4,93	11,97	6,55	14,90	13,82	15,87	14,07
RL₁₁	8,58	5,89	10,29	7,44	14,28	14,12	<u>20,09</u>	14,72	17,41	18,77
RL₁₂	10,33	10,69	12,05	12,49	18,98	13,88	22,35	20,95	20,10	21,78
RL₁₅	8,68	5,95	10,49	7,92	13,68	14,41	15,05	17,55	15,85	16,53
SzD_{5%}	1,29	1,92	3,59 (ns)	1,63	4,49	2,52	1,23	2,38	2,42	3,25
10 internódiumos										
RL₃	9,36	9,28	11,28	8,66	14,28	16,54	17,72	18,81	11,67	19,32
RL₇	11,68	6,52	13,79	9,20	16,51	12,73	19,78	16,54	14,59	18,42
SzD_{5%}	2,28 (ns)	2,30 (ns)	0,98	1,04 (ns)	2,34 (ns)	1,23 (ns)	1,85 (ns)	0,53	3,09	1,34 (ns)
11 internódiumos										
RL₉	7,10	4,24	10,44	8,71	13,52	16,14	15,88	17,01	15,93	16,60
RL₁₈	6,55	7,51	13,51	9,47	13,86	18,10	18,31	17,13	16,36	18,40
SzD_{5%}	0,72 (ns)	0,74	0,44	1,81 (ns)	3,00 (ns)	0,66	3,00 (ns)	1,36 (ns)	1,59 (ns)	0,29

4.1.11. A restorer cirokvonalak refraktométeres szárazanyag-tartalmának mediánjai

Az egyes szártagokhoz tartozó refrakciós százalékokat nagyság szerint sorba rendeztem, és kiválasztottam az adatsor közepén elhelyezkedő számokat a következőképpen: ha az értéksor páratlan számú adatokból állt, akkor a mediánnak pontosan a középső adatot jelöltem meg, ha páros számból állt a statisztikai sor, akkor két középső szám számtani átlagából határoztam meg a mediánt. A **52. táblázatban** az egyes internódiumok mediánjainak átlagát tüntettem fel. A középső Brix szárazanyag-tartalom alapján összehasonlítottam a különböző internódium csoportba tartozó cirokvonalakat.

A 7 internódiumos vonalak közül az RL_{16} -nak minden fenofázisban magasabb refrakciós százalékat mértem, mint az RL_{10} vonalnak. Mindkét genotípusnál magasabb refrakciós cukortartalmat tapasztaltam a virágzástól a viaszérésig a 2009-es évben. A refrakciós szárazanyag-tartalom középszáma virágzaskor az RL_{16} -nál 7,16%, az RL_{10} vonalnál alacsonyabb (6,83%-os) volt 2009-ben. A tejesérésben a Brix-értékek középszáma elérte a 15%-ot, a viaszérésre ez az érték 16,33%-ra növekedett az RL_{16} -nál. az első kísérleti évben.

Az RL_{10} Brix-értékének mediánja a 8,05%-ról 12,50%-ra emelkedett a viaszérésre az első vizsgálati évben. A teljeséréskor az RL_{16} vonal 18,80%-os Brix-értéke a holtérésre 16,36%-ra csökkent. Az RL_{10} 16,97%-os refrakciósázaléka 15,33%-ra csökkent a holtérésre.

A 8 internódiumos vonalak közül a legmagasabb volt a refrakciós cukortartalom mediánja az RL_{12} vonalnak (10,32-21,11%) a virágzástól a teljesérésig a 2009-es évben és a 2010-es évben (10,61-22,50%) is. A virágzás (6,80-10,32%) és a teljesérés (10,16-12,08%) fenofázisában minden vonalnak magasabb Brix-érték mediánt mértem az első vizsgálati évben. Az RL_{11} vonal a teljesérésre érte el a maximális refrakciósázalékát (20,30%), mert az első fagyok a holtérésre 18,04%-ra csökkentették a refrakciós cukor-sázalékok mediánját.

A 11 internódiumos vonalak közül az RL_9 vonal refrakciósázalékának mediánja a virágzástól a teljesérésig (7,12-16,33%-ig) növekedett, és magasabb értéket mutatott 2009-ben, mint 2010-ben. Az RL_{18} vonal refraktométeres szárazanyag-tartalmának mediánja a virágzástól a holtérésig növekedett, és magasabb értéket mutatott (7,70-18,73%) 2010-ben, mint 2009-ben (**52. táblázat**). A szignifikáns differenciát az **53. táblázat Melléklet** szemlélteti.

52. táblázat A refraktométeres szárazanyag-tartalmak (%) középszáma a restorer cirok-vonalak esetében (Debrecen, 2009-2010)

Fenofázis		Virágzás		Tejesérés		Viaszérés		Teljesérés		Holtérés	
Vonalak	Középső sorszám	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
7 internódiumos											
RL ₁₀	4.	6,83	4,83	11,66	5,66	13,00	8,10	16,97	18,22	15,33	15,47
RL ₁₆		7,16	6,66	15,00	8,05	16,33	12,50	18,80	17,83	16,36	19,33
8 internódiumos											
RL ₄	4-5. átlaga	6,80	3,96	11,33	4,83	12,16	6,75	15,11	14,21	15,96	14,58
RL ₁₁		8,95	6,03	10,16	7,36	14,86	14,16	20,30	14,87	18,04	19,19
RL ₁₂		10,32	10,61	12,08	12,66	19,09	14,13	22,36	21,11	20,66	22,50
RL ₁₅		9,08	5,75	10,72	8,16	13,92	14,42	15,48	17,83	15,91	16,99
10 internódiumos											
RL ₃	5-6. átlaga	9,33	10,00	12,33	8,50	15,33	16,76	18,50	18,75	11,78	19,54
RL ₇		11,83	6,61	14,05	9,58	16,84	13,31	19,78	17,41	14,80	18,75
11 internódiumos											
RL ₉	6.	7,12	4,24	10,90	9,20	13,75	16,33	16,33	17,13	16,22	16,95
RL ₁₈		6,62	7,70	14,33	9,57	14,18	18,12	18,66	17,00	16,51	18,73
SzD _{5%}		1,89	1,94	2,53	1,76	4,36 (ns)	2,04	2,27	2,08	2,11	2,42

4.1.12. A restorer vonalak átlagos refraktométeres szárazanyag-tartalmának alakulása internódiumonként a fenofázisokban

A kísérlet során megállapítottam, hogy az RL_{16} vonal internódiumainak átlagos Brix-foka között a tejesérésben volt jelentős különbség: $SzD_{5\%}=0,97$ 2009-ben és $SzD_{5\%}=2,15$ 2010-ben (**54. táblázat Melléklet**). Az átlagos Brix-értékek magasabbak voltak (7,01-16,10%) a 2009-es kísérleti évben. A 2010-es évben az átlagos értékek alacsonyabbak voltak (6,57-18,02%), de a fagyok később következtek be, ezért a magas cukortartalmat hosszabb ideig tartotta meg a szárlé (18,02%). A vizsgálatok során megfigyeltem, hogy az 1. szártagtól a 4. és az 5. szártagig növekszik a refrakciósázalék mindkét évben. De megfigyelhető az első internódiumtól a 7. szártagig tartó lineáris növekedés is (10,73-14,26%) a viaszéréskor 2010-ben. A 4. középső szártag refrakciós cukortartalom 7,83%-os értéket mutatott a virágzáskor. A viaszérés fenofázisához közeledve 16,83%-ot mértem, amely a holtéréskor már 20,00%-ra emelkedett a 2009-es évben. Az 5. szártagban 7,00%-ot mértem a virágzáskor, amely az érés előrehaladtával 18,73%-ra növekedett a refrakció-százalék értéke a 2010-es kísérleti évben. Az RL_{16} vonal rövid tenyészidejű volt és szeptember végén hozta a maximum Brix-értéket (20,70% 2009-ben és 18,73% 2010-ben)(**55. táblázat**).

55. táblázat Az átlagos refraktométeres szárazanyag-tartalom (%) a 7 internódiumos RL_{16} restorer cirokvonal internódiumaiban (Debrecen, 2009-2010)

Genotípus	*In. sz.	Virágzás		Tejesérés		Viaszérés		Teljesérés		Holtérés	
		2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
RL_{16}	1.	5,16	5,66	11,00	6,06	14,83	10,73	16,70	16,40	15,63	18,83
	2.	6,66	6,33	12,50	6,83	14,33	11,74	17,76	16,73	15,33	19,33
	3.	7,66	6,50	14,66	7,53	16,02	12,24	18,80	17,39	14,86	18,66
	4.	7,83	6,83	16,16	8,36	16,83	12,50	17,43	18,39	16,86	20,00
	5.	7,66	7,00	16,50	8,05	16,66	13,07	20,10	18,73	17,50	17,33
	6.	7,33	7,00	16,00	8,96	16,83	12,93	20,70	16,93	16,46	15,50
	7.	6,83	6,66	15,00	10,23	16,16	14,26	19,83	18,61	16,06	16,50
átlag		7,01	6,57	14,54	8,00	15,95	12,50	18,76	17,59	16,10	18,02
$SzD_{5\%}$		1,73 (ns)	2,32 (ns)	0,97	2,15	8,79 (ns)	2,94 (ns)	5,33 (ns)	2,44 (ns)	2,75 (ns)	7,56 (ns)

Rövidítés: *In.sz.:Internódiumok sorszáma

Az RL_{15} vonal a rövid vegetációs periódusában lineárisan növekvő refrakciós szárazanyag-tartalmat mutatott (8,68-15,85%) 2009-ben és (5,95-17,55%) 2010-ben. A 2010-es évben hosszabb volt a cukor-akkumuláció a késői fagyok miatt. Az átlagos Brix-fok értékei a 2010-es viasz-, (14,41%), teljes- (17,55%) és holtérésben (16,53%) magasabbak voltak.

A virágzáskor (8,68%) és a tejesérésben (10,49%) mutattam ki nagyobb Brix-fokokat 2009-ben. Szintén a 2009-es évben tapasztaltam igazolható különbséget a mért vonal szártagjainak átlagos refrakciós százaléka között ($SzD_{5\%}=3,00$ viaszérés; $SzD_{5\%}=1,14$ holtérés)(**56. táblázat Melléklet**). A 4-8. internódium szakaszban mértem nagyobb refrakciós cukortartalmakat. Ezen a szakaszon belül a legtöbb magas értéket a 7. és a 8. szártagban mértem, mert itt a szár átmérője kisebb, a parenchyma sejtek nedvességtartalma alacsonyabb és a szacharóz koncentrációja magasabb. A viaszérésben elkezdődik a szemekben a keményítőszintézis ezért a 8. szártag levében mértem a legmagasabb (15,76% 2009-ben és 16,53% 2010-ben) cukortartalmat (**57. táblázat**).

57. táblázat Az átlagos refraktométeres szárazanyag-tartalom (%) a 8 internódiumos RL_{15} restorer cirokvonal szártagjaiban (Debrecen, 2009-2010)

Fenofázis	*In. sz.	Virágzás		Tejesérés		Viaszérés		Teljesérés		Holtérés	
Évjárat											
Vonal		2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
RL_{15}	1.	7,00	5,00	8,66	6,43	11,86	12,50	14,86	15,33	13,66	18,83
	2.	9,00	5,33	10,33	6,06	11,20	12,83	15,83	16,83	15,33	16,66
	3.	9,33	5,66	10,55	7,66	12,60	13,40	13,50	17,00	15,33	17,00
	4.	9,83	5,66	10,50	8,10	13,68	13,86	12,90	18,16	15,83	16,83
	5.	8,66	5,83	10,88	8,40	14,16	14,81	15,40	18,66	15,99	17,66
	6.	8,00	6,83	11,07	8,53	14,82	15,72	15,74	19,00	16,50	16,33
	7.	9,33	6,66	11,23	9,36	15,36	15,70	16,40	18,66	16,83	14,16
	8.	8,33	6,66	10,73	8,86	15,76	16,53	15,76	16,83	17,33	14,83
átlag		8,68	5,95	10,49	7,92	13,68	14,41	15,05	17,55	15,85	16,53
$SzD_{5\%}$		3,31 (ns)	1,54 (ns)	3,66 (ns)	2,62 (ns)	3,00	4,36 (ns)	2,82 (ns)	3,47 (ns)	1,14	5,40 (ns)

Rövidítés: *In.sz.: internódiumok sorszáma

4.1.13. Az átlagos refraktométeres szárazanyag-tartalom alakulása a cukorcirok hibridek eltérő fenofázisaiban

A virágzáskor a 7 internódiumos hibridek közül a kontrollként jelölt *Monori édes*-nek mértem a legmagasabb refrakciós százalékát (9,49%), míg a saját nemesítésű hibridjeink közül az $SL_1 \times RL_4$ hibridnek alacsonyabb értékét határoztam meg (9,33%). A vizsgált hibrideknek igazolható hatása volt a Brix-átlagértékekre ($SzD_{5\%}=0,52$) 2009-ben.

A *Róna-4* kontroll hibridtől magasabb átlagos refrakciósázalékot mértem a 8 internódiumos csoportba sorolt minden kétvonalas hibridem esetében. A kísérletbe vont $SL_1 \times RL_{12}$ hibrid a legnagyobb értéket mutatta (10,65%) a vizsgált kombinációk közül.

A 8 szártaggal rendelkező hibrideknek jelentős hatása volt az átlagos Brix-fokokra ($SzD_{5\%}=0,84$) a virágzás fenofázisában a 2009-es évben (**58. táblázat Melléklet**). A 9 internódiumos csoportból szintén minden hibrid felülmúlta a *Róna-4* refrakciósázalékát és az $SL_3 \times RL_7$ hibrid átlagértéke megközelítette (9,44%) a *Monori édes* kontroll értékét. A hibridek refrakciós cukortartalmának középértékei között szignifikáns különbséget találtam ($SzD_{5\%}=1,51$).

A 10 internódiumosok közül az $SL_5 \times RL_{15}$ hibridnek magasabb refraktométeres cukortartalma (10,47%) volt, mint az $SL_4 \times RL_{18}$ hibridnek (9,35%). Az $SL_3 \times RL_{18}$ hibrid refrakciós cukortartalmának átlagos értéke (11,24%) mindkét kontroll növény átlagát felülmúlta 2009-ben a virágzáskor. A 10 internódiumos $SL_5 \times RL_{15}$ hibridnél is magasabb (11,34%) refrakciós cukortartalmat mértem 2010-ben, mint 2009-ben (10,47%)(**59. táblázat**). A tejesérésben a 7 internódiumos hibridek közül a virágzás fázisához hasonlóan a *Monori édes* kontrollnak mértük a legmagasabb (13,02%) Brix-értékét a 2010-es évben. A korai tenyészidejű $SL_1 \times RL_{10}$ hibrid 10,73%-os refrakciós szárazanyagot mutatott, amely magasabb volt, mint a 2009-es évben mért érték (9,80%). A 7 ízközzel rendelkező hibridek átlagos Brix-értéke között statisztikailag igazolható hatást mértem ($SzD_{5\%}=0,93$). A *Róna-4* (10,61%) Brix-értékét minden saját hibrid meghaladta a 2010-es vegetációs időszakban. A korai érésű $SL_1 \times RL_{12}$ -nek 12,36% átlagos refrakciós értéke volt a tejeséréskor, míg a késői tenyészidejű $SL_5 \times RL_{10}$ -nek mértem a legmagasabb Brix-fokát (14,66%) ebben az időszakban a 8 szártaggal rendelkező hibridek közül. A szignifikáns differencia értéke ($SzD_{5\%}=1,37$) volt 2010-ben.

A 9 szártaggal rendelkező hibrideknek 2010-ben magasabb Brix-értéket határoztam meg mint 2009-ben, mint például az $SL_2 \times RL_{12}$ esetében: 11,96% 2010-ben; 10,78% 2009-ben. A hibridek között jelentős hatás mutatható ki a Brix-értékre nézve ($SzD_{5\%}=0,80$). A 10 és a 11 internódiumos hibridjeim esetében az $SL_5 \times RL_{12}$ mutatta a legmagasabbat (13,20%) és szignifikáns különbséget is találtam a 11 ízközzel rendelkező hibridek között ($SzD_{5\%}=0,95$). A vészéréskor a mind a két ($SL_1 \times RL_{10}$ (12,44%) és $SL_1 \times RL_4$ (16,46%) 7 ízközzel rendelkező hibrid refrakciósázaléka meghaladta a kontroll növény értékét (11,73%) 2010-ben. A következő 8 internódiumos hibridek refrakciós cukortartalma haladta meg a *Róna-4* kontroll értékét és a 2009-es értékeket a 2010-es vegetációs periódusban: $SL_2 \times RL_{11}$ (16,17%), $SL_5 \times RL_{10}$ (15,37%), $SL_4 \times RL_{10}$ (14,29%).

A 9 internódiumos hibridjeim közül legmagasabb átlagos értékeket (16,23%) az $SL_5 \times RL_3$ hibridnél és az $SL_2 \times RL_{15}$ hibridnél (16,14%) mértem. A 9 internódiumos csoportnak igazolható hatását mértem az átlagos refrakciósázalékra ($SzD_{5\%}=1,09$)(**60. táblázat Melléklet**).

59. táblázat Az átlagos refraktométeres szárazanyag-tartalom változása a kétvonalas cirok-hibridekben (Debrecen, 2009-2010)

Fenofázisok	Virágzás		Tejesérés		Viaszérés		Teljesérés	
Évjárat	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Hibridek	7 internódiumos							
$SL_1 \times RL_{10}$	7,16	5,94	10,35	8,85	11,16	12,44	14,74	17,89
$SL_1 \times RL_4$	9,33	6,04	9,80	10,73	11,54	16,46	19,37	19,60
Monori édes	9,49	5,92	10,62	13,02	14,43	11,73	16,83	15,47
$SzD_{5\%}$	0,52	0,81 (ns)	0,69 (ns)	0,93	0,78	2,53	1,43	1,88
	8 internódiumos							
$SL_1 \times RL_{12}$	10,65	5,28	12,12	12,36	16,58	15,71	18,74	20,95
$SL_2 \times RL_{10}$	6,29	3,93	10,01	5,47	10,97	6,22	12,49	8,33
$SL_2 \times RL_{11}$	7,55	7,45	10,55	10,81	13,87	16,17	16,27	19,41
$SL_4 \times RL_{10}$	7,49	4,93	9,82	9,47	11,57	14,29	13,81	17,39
$SL_5 \times RL_{10}$	10,17	12,15	14,09	14,66	15,33	15,37	17,27	19,79
Róna-4	5,95	4,66	10,50	10,61	12,19	12,52	17,06	17,82
$SzD_{5\%}$	0,84	1,01	2,16	1,37	0,94	1,71	1,02	1,56
	9 internódiumos							
$SL_2 \times RL_3$	9,08	5,97	11,41	8,34	13,94	11,64	18,25	17,60
$SL_2 \times RL_4$	6,72	3,24	1,18	7,58	10,86	13,53	16,53	15,41
$SL_2 \times RL_7$	7,00	10,42	10,20	11,26	11,82	14,96	17,16	19,43
$SL_2 \times RL_{12}$	4,23	6,14	10,78	11,96	13,96	13,75	17,82	20,70
$SL_2 \times RL_{15}$	7,25	7,25	11,01	11,35	14,99	16,14	17,97	18,24
$SL_3 \times RL_7$	9,44	7,43	10,70	10,62	14,38	15,10	16,59	17,56
$SL_5 \times RL_3$	9,27	6,05	12,14	10,83	16,07	16,23	18,44	20,62
$SzD_{5\%}$	1,51	1,31	0,94	0,80	0,92	0,93	0,60	1,09
	10 internódiumos							
$SL_4 \times RL_{18}$	9,35	8,68	12,84	12,44	15,53	15,09	17,35	15,85
$SL_5 \times RL_{15}$	10,47	11,34	12,35	12,29	14,55	15,73	19,58	19,96
$SzD_{5\%}$	0,72	0,40	0,40 (ns)	0,44 (ns)	0,63	0,08	0,95	1,00
	11 internódiumos							
$SL_3 \times RL_3$	8,12	5,20	10,65	9,89	15,52	15,30	17,37	17,53
$SL_5 \times RL_{12}$	7,87	9,11	13,20	12,22	14,57	16,27	16,64	18,16
$SzD_{5\%}$	1,98 (ns)	1,12	0,95	2,02 (ns)	0,66	0,40	0,31	1,00 (ns)
	12 internódiumos							
$SL_5 \times RL_9$	8,17	8,19	10,44	10,90	12,67	15,48	17,58	18,84
$SL_3 \times RL_{18}$	11,24	10,10	14,13	13,27	17,85	16,58	19,50	16,78
$SzD_{5\%}$	0,61	1,12	1,00	0,40	1,27	0,63	1,25	1,79 (ns)
	13 internódiumos							
$SL_2 \times RL_9$	4,68	4,30	11,07	10,45	16,78	15,38	18,12	17,19
$SL_5 \times RL_{18}$	7,95	7,22	13,81	14,43	16,40	16,89	17,73	19,03
$SzD_{5\%}$	0,59	0,17	1,21	0,61	1,15 (ns)	0,83	1,21 (ns)	1,17

A teljeséréskor a kontroll *Monori édes* átlagos refrakciós-szárazanyagát (15,47%) meghaladták a 7 internódiumos hibridjeink-2010-ben-a következő értékekkel: $SL_1 \times RL_{10}$ (17,89%) és $SL_1 \times RL_4$ (19,60%). A vizsgált hibrideknek jelentős hatása volt az átlagos refrakciós-százalékokra ($SzD_{5\%}=1,88$)(**61. táblázat Melléklet**). A 8 internódiumos hibridek közül a kontroll *Róna-4* refrakciós-százalékát meghaladták 2010-ben a következő saját nemesítésű genotípusok: $SL_1 \times RL_{12}$ (20,95%), $SL_5 \times RL_{10}$ (19,79%) és az $SL_2 \times RL_{11}$ (19,41%) (**59. táblázat**).

4.1.14. A refraktométeres szárazanyag-tartalom mediánja a cukorcirok-hibridek különböző fenofázisaiban

Virágzáskor a 4. sorszámmal tartozó refrakciós cukorszázalék a kontroll *Monori édes*-nél volt a legmagasabb (9,49% 2009-ben és 6,00% 2010-ben). Ezek az értékek növekedtek a teljeséréskor (10,40% 2009-ben és 13,30% 2010-ben). A viaszéréskor a 7 internódiumos hibridek közül a legmagasabb Brix-értéket mértem a kontrollnál (14,50%) 2009-ben. A teljesérésre az $SL_1 \times RL_4$ hibridnél találtam a legnagyobb refrakciós cukrokat mindkét évben (19,66% 2009-ben és 19,96% 2010-ben). A 8 szártagos hibridek közül az $SL_1 \times RL_{12}$ és az $SL_5 \times RL_{10}$ -mindkét évben- magasabb volt a refrakciós-százalékok 4-5. szártaghoz tartozó értéke, mint a *Róna-4* kontrollnál (5,94-16,90% 2009-ben és 4,83-17,87% 2010-ben). Az $SL_5 \times RL_{10}$ hibrid vastag szárú, késői vegetációs idejű volt, amelynek a cukortartalma a teljesérés (14,30% 2009-ben és 15,00% 2010-ben) kivételével minden fenofázisban alacsonyabb refrakciós cukortartalmat mutatott. Az alacsonyabb refrakciós cukortartalom a magasabb lékihozattal volt kapcsolatban. Az $SL_1 \times RL_{12}$ hibrid a virágzástól a teljesérésig lineárisan növekvő cukor-akkumulációt mutatott (10,77-19,00% 2009-ben; 5,21-21,33% 2010-ben) (**62. táblázat**). Az 5. sorszámmal tartozó Brix-százalékok a tenyészdő kezdetétől a teljesérésig folyamatosan emelkedtek. A hibridek közül a legkedvezőbbek voltak - a refrakciós-százalék szempontjából - az $SL_2 \times RL_7$ és az $SL_5 \times RL_3$. Az $SL_2 \times RL_7$ hibrid Brix-fokainak középszáma, amelyek 2010-ben magasabbak voltak, mint 2009-ben.

Az $SL_5 \times RL_3$ hibrid 5. sorszámmal tartozó középszámok nagyobbak voltak, mint az $SL_2 \times RL_7$ hibridnél mért értékek. A virágzáskor 9,66%-os refrakciós cukrot mértem az 5. szártagban, amely 12,52%-ra emelkedett a teljesérésre a 2009-es évben. Az $SL_5 \times RL_3$ hibrid a viasz (16,16% 2009-ben; 16,66% 2010-ben) és a teljesérésben (19,00% 2009-ben; 21,16% 2010-ben) a 8 internódiumos kombinációk közül a legmagasabb értéket mutatta

mindkét kísérleti évben. A hibridek között szignifikáns különbséget találtam a refrakciók mediánja között, amelyeket a **63. táblázat Melléklet** mutat be.

62. táblázat A szár refraktométeres szárazanyag-tartalmának középszáma a cirokhibridek esetében (Debrecen 2009-2010)

Fenofázisok		Virágzás		Tejesérés		Viaszérés		Teljesérés	
Évjárat		2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Hibridek	Középső sorszám	7 internódiumos							
SL ₁ x RL ₁₀	4.	7,16	6,10	10,23	9,23	11,33	12,77	14,70	18,50
SL ₁ x RL ₄		9,33	6,00	9,80	11,00	12,00	16,83	19,66	19,96
Monori édes		9,49	6,00	10,40	13,33	14,50	11,33	16,90	15,69
		8 internódiumos							
SL ₁ x RL ₁₂	4-5.	10,77	5,21	12,33	12,68	16,91	15,74	19,00	21,33
SL ₂ x RL ₁₀		6,41	3,68	10,25	5,38	10,84	6,22	12,42	8,43
SL ₂ x RL ₁₁		7,63	7,58	10,68	11,16	14,09	16,97	16,65	19,66
SL ₄ x RL ₁₀		7,36	5,16	10,21	9,73	11,80	14,46	13,86	18,08
SL ₅ x RL ₁₀		10,30	12,50	14,30	15,00	15,18	15,50	17,66	19,83
Róna-4		5,94	4,83	10,40	10,95	12,25	12,55	16,90	17,87
		9 internódiumos							
SL ₂ x RL ₃	5.	9,00	5,83	11,43	9,00	14,00	11,75	19,00	17,66
SL ₂ x RL ₄		6,76	3,21	9,66	8,00	10,83	13,66	17,16	15,50
SL ₂ x RL ₇		7,05	10,76	10,26	11,58	12,14	15,11	17,50	19,50
SL ₂ x RL ₁₂		4,23	6,33	11,00	12,06	12,66	13,66	17,83	20,70
SL ₂ x RL ₁₅		7,00	9,20	11,00	11,40	14,99	16,33	18,16	18,37
SL ₃ x RL ₇		9,45	7,66	10,43	10,76	14,45	15,23	16,76	17,88
SL ₅ x RL ₃		9,66	6,33	12,52	10,76	16,16	16,66	19,00	21,16
		10 internódiumos							
SL ₄ x RL ₁₈	5-6.	9,18	8,70	12,90	12,38	15,83	15,01	17,68	16,33
SL ₅ x RL ₁₅		10,50	11,40	12,42	12,61	14,83	16,25	20,07	20,17
		11 internódiumos							
SL ₃ x RL ₃	6.	8,00	5,20	10,68	10,26	16,02	15,30	17,66	17,69
SL ₅ x RL ₁₂		7,89	9,11	13,20	11,37	14,70	17,00	17,16	18,50
		12 internódiumos							
SL ₅ x RL ₉	6-7.	7,91	8,24	10,38	10,93	12,38	15,90	17,75	19,25
SL ₃ x RL ₁₈		11,32	10,06	14,28	13,22	17,90	16,76	19,91	16,97
		13 internódiumos							
SL ₂ x RL ₉	7.	4,62	4,26	11,07	10,43	16,80	15,54	18,19	17,83
SL ₅ x RL ₁₈		7,89	7,19	14,06	14,76	16,66	17,33	17,81	18,90
SzD _{5%}		1,21	1,00	1,37	1,10	1,08	1,51	0,98	1,32

4.1.15. A cukorcirok-hibridek átlagos refraktométeres szárazanyag-tartalmának alakulása internódiumonként

Az SL₁ x RL₁₂ és az SL₂ x RL₁₂ hibridek esetében a mennyiségi- és a minőségi tulajdonságoknál hibridvigort tapasztaltam a szülői vonalakhoz képest. Mindkét évben folyamatosan növekvő cukor-akkumulációs folyamatot észleltem a virágzástól a teljesérésig: 10,65-18,74% 2009-ben és 5,28-20,95% 2010-ben.

Az internódiumok refrakciós-cukortartalma között igazolható különbség volt a teljes- ($SzD_{5\%}=1,59$) és a viaszérésben ($SzD_{5\%}=1,88$) a 2009-es évben. A hibridnek hatása volt a szártagok átlagos refrakció-százalékára ($SzD_{5\%}=2,07$) a teljesérésben 2010-es évben (**64. táblázat Melléklet**). A középső szártagok parenchyma sejtjeiben tapasztaltam a legmagasabb Brix-értékeket.

A viaszérésben a 3. szártagban mértem a maximális (17,83%) cukortartalmat. A teljesérés fenofázisában a cukortartalom az 5. internódiumban 19,83%-ot mutatott 2009-ben. A 2010-es évben a 4. szártagban analizáltam a maximális cukortartalmat (16,83%), amelynek értéke a teljesérésre 19,83%-ra emelkedett (**65. táblázat**).

65. táblázat A refraktométeres szárazanyag-tartalom átlaga a 8 internódiumos $SL_1 \times RL_{12}$ cirokhibrid egyes internódiumaiban (Debrecen, 2009-2010)

Hibrid	*I.n. s.sz	Virágzás		Tejesérés		Viaszérés		Teljesérés	
		2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
$SL_1 \times RL_{12}$	1.	10,66	5,00	10,33	11,33	14,83	15,00	17,83	22,00
	2.	11,90	4,83	11,66	11,93	17,16	15,66	19,16	22,00
	3.	11,66	5,16	12,83	12,66	17,83	16,33	19,66	22,16
	4.	11,16	5,16	12,66	13,66	17,50	16,83	19,33	21,33
	5.	11,05	5,33	12,66	13,33	17,00	16,66	19,83	21,16
	6.	11,07	5,83	13,00	12,66	16,33	16,50	18,33	21,50
	7.	9,33	5,33	11,83	11,60	16,83	15,82	17,95	20,50
	8.	8,41	5,59	12,00	11,76	15,16	12,93	17,83	17,00
átlag		10,65	5,28	12,12	12,36	16,58	15,71	18,74	20,95
$SzD_{5\%}$		2,68 (ns)	1,33 (ns)	1,59	1,97 (ns)	1,88	2,44 (ns)	3,52 (ns)	2,07

Rövidítés: *In.s.sz: Internódiumok sorszáma

Az $SL_2 \times RL_{12}$ cirokhibridnek igazolható hatása volt az internódiumok átlagos Brix-értékére a viaszérésben ($SzD_{5\%}=1,91$) és a teljesérésben ($SzD_{5\%}=2,11$) a 2010-es évben (**66. táblázat Melléklet**). A 4. internódiumban mértem a legmagasabb cukortartalmat a teljesérésben (11,76%), amely a teljesérésre 19,00%-ra növekedett. A teljesérésben az 5. szártag szárlevében mértem a legmagasabb cukortartalmat (12,66%) 2010-ben. A viaszéréskor szintén az 5. szártag cukortartalma mutatta a legnagyobb értéket (15,00%) 2010-es évben (**67. táblázat**).

67. táblázat A refraktométeres szárazanyag-tartalom átlagának alakulása a 9 internódiumos $SL_2 \times RL_{12}$ cirokhibrid egyes internódiumainak esetében (Debrecen, 2009-2010)

Hibrid	*I.n. s.sz.	Virágzás		Tejesérés		Viaszérés		Teljesérés	
		2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
$SL_2 \times RL_{12}$	1.	3,33	5,66	9,60	11,10	13,27	11,33	16,83	21,50
	2.	3,40	5,66	9,43	12,23	13,50	12,60	17,83	20,83
	3.	3,57	6,33	11,33	12,00	13,44	13,60	18,83	21,66
	4.	3,99	6,00	11,76	12,33	13,97	15,53	19,00	21,50
	5.	3,99	6,50	10,93	12,66	15,00	15,40	18,41	21,22
	6.	4,33	6,66	11,33	12,43	14,33	14,33	18,57	20,83
	7.	4,66	6,33	11,00	11,33	14,05	13,66	18,40	20,66
	8.	5,16	6,16	10,66	11,93	14,00	14,33	17,00	20,16
	9.	5,66	6,00	11,00	11,66	14,26	13,00	15,50	18,00
átlag		4,23	6,14	10,78	11,96	13,96	13,75	17,82	20,70
$SzD_{5\%}$		1,18	0,75 (ns)	1,72 (ns)	1,70 (ns)	1,93 (ns)	1,91	3,01 (ns)	2,11

Rövidítések: *I.n.s.sz.: Internódiumok sorszáma

4.1.16. Restorer cirokvonalak szárlétartalmának főbb komponensei és összefüggés a beltartalmi tulajdonságok között

A vonalak között különbség volt a refrakciósázalékban a viaszérésben ($SzD_{5\%}=2,55$) és a teljesérésben ($SzD_{5\%}=3,00$)(**68. táblázat Melléklet**). A kontroll RL_{12} vonal refrakciósázalék értékeinél minden apavonal Brix-értéke alacsonyabb értéket mutatott. Az RL_{12} vonal tejesérésben mért refrakciója 9,9%-os volt, amely növekedett a viaszérésen 18,19% keresztül a teljesérésig (20,66%). A korai érésű vonalak lineárisan növekvő refrakciós cukortartalmat mutattak a tejeséréstől a teljesérésig, mint például az RL_{11} és az RL_7 vonal. Az RL_{11} vonal tejesérésben mért refrakciósázaléka (8,68%)-tól folyamatosan növekedett 18,33%-ig. Az RL_7 vonal esetében a kezdeti 9,03%-os refrakciós-cukortartalma a viaszérésre 13,28%-os, míg a teljesérésre a 14,25%-ra emelkedett. A késői vegetációs periódusú vonalak a viaszérésben érték el a legmagasabb Brix-értéküket, amelyek a következők: 15,00% az RL_9 vonalnál és 16,66% az RL_{18} vonalnál. Ezek az értékek a teljesérésre az RL_9 vonalnál 14,66%-ra, míg az RL_{18} vonalnál 14,17%-ra csökkentek (**69. táblázat**).

69. táblázat Restorer cirokvonalak létartalmának beltartalmi paraméterei a kontroll vonalhoz viszonyítva (Debrecen, 2010)

Tulajdon- ságok	R.f. szárazanyag (%)			Összes cukortartalom (g/100g)			Redukáló cukortartalom (g/100g)			Nem-redukáló cukortartalom (g/100g)		
Fenofázis	Tejes- érés (%)	Viasz- érés (%)	Teljes- érés (%)	Tejes- érés (%)	Viasz- érés (%)	Teljes- érés (%)	Tejes- érés (%)	Viasz- érés (%)	Teljes- érés (%)	Tejes- érés (%)	Viasz- érés (%)	Teljes- érés (%)
Vonalak												
RL ₄	5,80	12,33	12,66	4,23	10,07	8,27	1,06	4,01	1,25	3,17	6,06	7,02
RL ₇	9,03	13,28	14,25	5,70	10,67	8,82	1,68	4,00	0,76	4,02	6,67	8,06
RL ₉	8,00	15,00	14,66	6,08	11,76	9,04	2,22	3,17	1,99	3,86	8,59	7,05
RL ₁₁	8,68	14,58	18,33	6,60	11,58	14,26	2,32	3,76	1,63	4,28	7,82	12,63
RL₁₂	9,99	18,19	20,66	9,33	17,50	18,10	2,41	0,55	0,97	6,92	16,95	17,13
RL ₁₅	9,19	17,66	17,05	8,13	15,43	14,49	3,15	3,23	2,71	4,98	12,20	11,78
RL ₁₈	9,31	16,66	14,17	7,22	13,78	10,45	1,75	4,11	1,37	5,47	9,67	9,08
Főátlag	8,57	15,38	15,96	6,75	12,97	11,91	2,08	3,26	1,52	4,67	9,7	10,39
SzD_{5%}	3,15 (ns)	2,55	3,00	2,86	2,20	2,72	1,11	0,90	1,17	2,83 (ns)	2,15	2,35

Az RL_{12} kontroll vonal összes cukortartalma -a többi genotípustól eltérően- növekedett a tejeséréstől a teljesérésig (9,33-18,10%). A vonalnak minden fenofázisban hatása volt az összes cukortartalomra nézve, amelyek a következők: $SzD_{5\%}=2,86$ a tejesérésben, $SzD_{5\%}=2,20$ a viaszérésben és $SzD_{5\%}=2,72$ a teljesérésben (**68. táblázat Melléklet**).

Az RL_{11} vonalnál figyeltem meg az összes cukortartalom emelkedését a tejeséréstől (6,60-14,26%) a teljesérésig. A többi vonal viaszérésben érte el a maximum értékeit, amelyek intervalluma a következő: 10,07-17,50%. A koraiérésű vonalak közül az RL_{15} vonal refrakciótartalma (17,66%) és összes cukortartalma (15,43%) volt a legmagasabb a viaszérésben. A késeiérésű vonalak közül az RL_{18} vonal összes cukortartalma (13,78%) magasabb értéket mutatott, mint az RL_9 vonal összes cukortartalma (11,76%) a viaszérésben (**69. táblázat**).

A kontroll növény redukáló cukortartalma minden vonaltól és a vonalak főátlagától eltérően növekedett a tejeséréstől a teljesérésig (2,41-0,97%). Szignifikáns eltérést találtam minden fenofázisban a vonalak redukáló cukortartalma között, amelyek a következők: tejesérésben $SzD_{5\%}=1,11$, a viaszérésben $SzD_{5\%}=0,90$ és a teljesérésben $SzD_{5\%}=1,17$ (**68. táblázat Melléklet**). A viaszérésben mutatták a vonalak a legmagasabb értékeket, amelyek intervalluma a következő: 0,55-4,11%. A vizsgált restoráló vonalak redukáló cukortartalma a teljeséréshez közeledve csökkent, mint például az RL_{18} esetében 4,11% viaszéréskor, teljeséréskor ez az érték 2,23%-ra csökkent (**69. táblázat**).

Az RL_{12} vonal érte el a legmagasabb nem-redukáló cukortartalom értéket a teljesérésétől a teljesérésig (6,92-17,13%). Szignifikáns különbség volt a vonalak között a nem-redukáló cukortartalomban a viasz- ($SzD_{5\%}=2,15$) és a teljesérésben ($SzD_{5\%}=2,35$) is (**68. táblázat Melléklet**). A korai érésű vonalak közül az RL_{11} vonalnak volt a legmagasabb a nem-redukáló cukortartalma a teljeséréskor. A kései érésű vonalak közül az RL_{18} vonalnak mértem a több nem-redukáló cukortartalmát a viasz- (9,67%) és a teljesérésben (9,08%) is (**69. táblázat**).

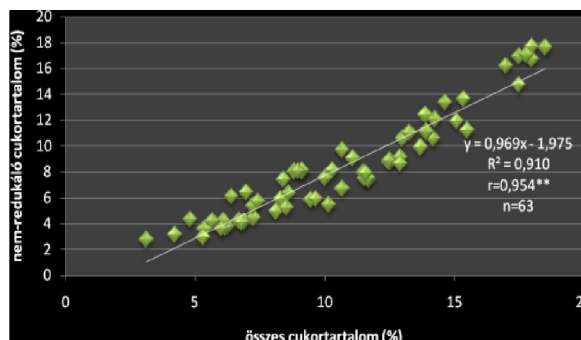
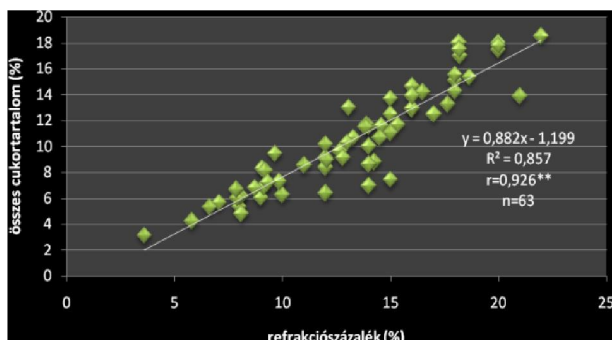
Az összefüggés-vizsgálat eredményeinek kiértékelése alapján megállapítottam, hogy szoros pozitív szignifikáns kapcsolatot találtam ($r=0,926^{**}$) a refrakciósázalék és az összes cukortartalom alakulása között. A restorer vonalak összes cukortartalma és nem-redukáló cukortartalma között igen szoros pozitív összefüggést tapasztaltam ($r=0,954^{**}$)(**70. táblázat**). A szignifikáns összefüggéseket a **7. ábrán** látható regressziós egyenesek mutatják.

70. táblázat A cirokszárlé beltartalmi tulajdonságainak korrelációs mátrixa a cirok-vonalaknál

	összes-cukortartalom	refrakciósázalék
összes-cukortartalom	1	0,926**
refrakciósázalék	0,926**	1

A korreláció 0,01**szinten szignifikáns

	nem-redukáló cukortartalom	összes-cukortartalom
nem-redukáló cukortartalom	1	0,954**
összes-cukortartalom	0,954**	1



7. ábra Összefüggés a beltartalmi tulajdonságok alakulása között a vizsgált cirok-vonalakban

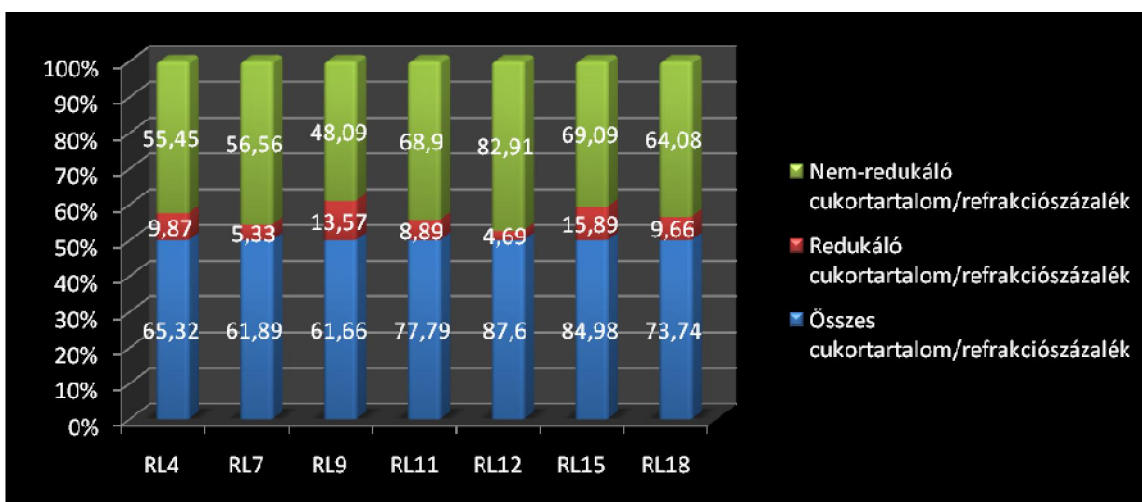
Szoros pozitív szignifikáns összefüggést találtam ($r=0,900^{*}$) a refrakciósázalék és a nem-redukáló cukortartalom alakulása között a cirokhibrideknél.

4.1.17. A restorer cirokvonalak szárlevének beltartalmi mutatói

Megállapítottam, hogy a szárazanyagban belül az összes cukortartalom intervallum értéke 61,66-87,60%-ig terjedt a teljesérésben. A legmagasabb értéket az RL_{12} kontroll vonal mutatta. A késői tenyészidejű RL_{18} 73,74%-os arányt ért el.

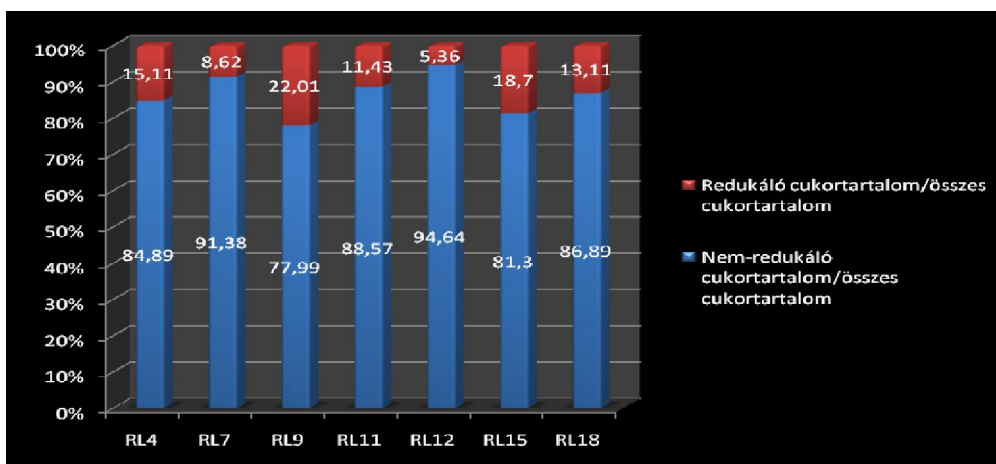
A refrakcióban 4,69-15,89%-ig terjedt a redukáló cukor. A legalacsonyabb értéket az RL_{12} kontrollnál mutattam ki. A legmagasabb arányt az RL_{15} vonalnál tapasztaltam. A kései érésű vonalak redukáló cukortartalma 9,66% (RL_{18}) és 13,57% (RL_9) volt a szárlé szárazanyag-tartalmában.

A refrakciós szárazanyag-tartalomban 48,09-82,91%-os nem-redukáló cukortartalmat számoltam a kísérleti vonalaknál. A legalacsonyabb értéket a kései érésű RL_9 vonal mutatta. A legmagasabb értéket az RL_{12} restorer vonalnál tapasztaltam. Ezek az arányok azonos módon változtak az összes cukortartalom refrakciósázalékban mért relatív mennyiségével (8. ábra).



8. ábra A beltartalmi mutatók alakulása a vizsgált restorer cirokvonalaknál teljesérésben I.

A nem-redukáló cukortartalom 77,99-94,64%-os arányt mutatott az összes cukortartalmon belül. A legkisebb adatot az RL_9 -nél számoltam, míg a legmagasabbat az RL_{12} vonalnál mutattam ki. A redukáló cukortartalom aránya az összes cukortartalmon belül 5,36-22,01%-os határérték volt. A legkisebb számarányt a kontroll RL_{12} -nél tapasztaltam. A legnagyobb határértéke az RL_9 vonalnak volt (9. ábra).



9. ábra A beltartalmi mutatók alakulása a vizsgált restorer cirokvonalaknál teljesérésben II.

4.1.18. A cirokhibridek létartalmának főbb komponensei fenofázisonként és összefüggés a szárlé beltartalmi tulajdonságai között

A refrakciósázalék alapján a „jó minősítésű” hibridek intervallum értékei 17,05-18,33%-ig terjedtek. A legkisebb Brix-értéket az $SL_5 \times RL_9$ érte el. A legnagyobb Brix-értéket az $SL_2 \times RL_{11}$ hibridnél állapítottam meg. A Brix-értékek alapján „közepes minősítést” kaptak az $SL_5 \times RL_{10}$ (14,16%), az $SL_3 \times RL_7$ (15,83%) és az $SL_2 \times RL_{15}$ (16,00%) hibridek. A kontroll növények is a „közepes kategóriába” tartoztak: *Róna-4* (16,33%) és a *Monori édes* (14,11%). A refrakciósázalékra nézve hibridfőlényt tapasztaltam az $SL_3 \times RL_7$ (15,83%), az $SL_5 \times RL_9$ (17,05%) és az $SL_2 \times RL_{11}$ (18,33%) hibridjeimnél (**71. táblázat**).

A vizsgált genotípusok összes cukortartalmának határértékei 3,93-11,81%-ig változtak. A legkevesebb összes cukrot mértük az $SL_3 \times RL_4$ hibrid parenchyma sejtjeiben. A legtöbb összecukor az $SL_2 \times RL_{12}$ szárlevében volt. Hibridvigort tapasztaltam az $SL_3 \times RL_7$ hibrid összes cukortartalmára nézve (11,01%). A *Róna-4* (8,23%) és a *Monori édes* (6,81%) hibrideket az összes cukortartalomban felülmúlták a saját nemesítésű hibridjeim. (**71. táblázat**).

A szárlében található redukáló cukortartalom értékei a kontroll *Róna-4* (0,39%) és a *Monori édes*-hez (0,64%) hasonlóan alacsony értékeket mutattak a következő hibridjeimnél: $SL_2 \times RL_{15}$ és az $SL_5 \times RL_{10}$ (0,51%), $SL_2 \times RL_{11}$ (0,56%), $SL_2 \times RL_{12}$ (0,65%), $SL_3 \times RL_{10}$ (0,71%). A szárlében található redukáló cukortartalomban hibridvigort tapasztaltam az $SL_3 \times RL_7$ (2,10%), az $SL_5 \times RL_9$ (3,25%), az $SL_3 \times RL_{15}$ (4,05%) és az $SL_3 \times RL_4$ (1,87%) hibridjeimnél. Ezeknél a kontrollhoz képest több redukáló cukortartalmat találtam (**71. táblázat**).

A hibridek nem-redukáló cukortartalom értékei 2,06-11,16%-ig terjedtek. A legkevesebb nem-redukáló cukortartalmat kaptam az $SL_3 \times RL_4$ hibridnél és a legtöbbet az $SL_2 \times RL_{12}$ -nél. Az $SL_3 \times RL_7$ hibrid mindkét szülő teljesítményét felülmúlta a nem-redukáló cukortartalomban (8,91%)(**71. táblázat**).

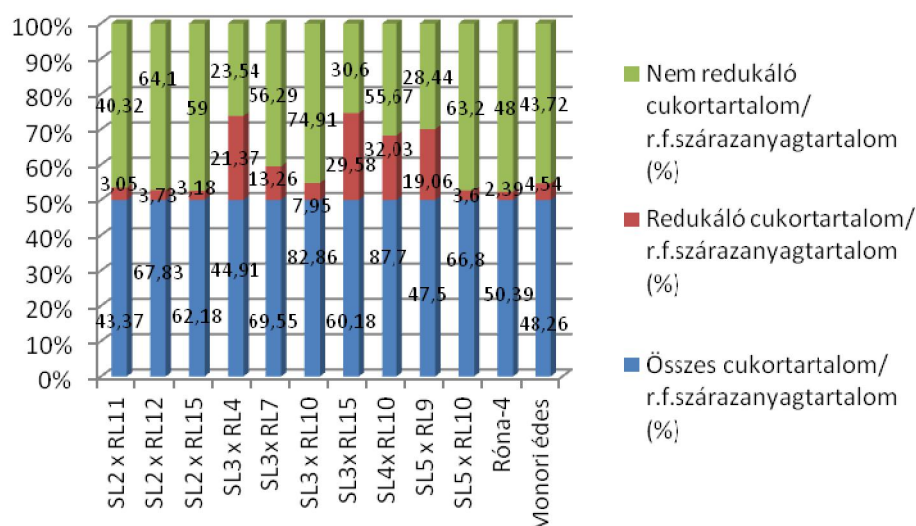
71. táblázat A cirokhibridek beltartalmi tényezőinek alakulása a teljesérésben
(Debrecen, 2010)

Hibridek	R.f. szárazanyag-tartalom (%)	Összes cukortartalom (g/100 g)	Redukáló cukortartalom (g/100 g)	Nem-redukáló cukortartalom (g/100 g)
$SL_2 \times RL_{11}$	18,33	7,95	0,56	7,39
$SL_2 \times RL_{12}$	17,41	11,81	0,65	11,16
$SL_2 \times RL_{15}$	16,00	9,95	0,51	9,44
$SL_3 \times RL_4$	8,75	3,93	1,87	2,06
$SL_3 \times RL_7$	15,83	11,01	2,10	8,91
$SL_3 \times RL_{10}$	8,93	7,40	0,71	6,69
$SL_3 \times RL_{15}$	13,69	8,24	4,05	4,19
$SL_4 \times RL_{10}$	11,71	10,27	3,75	6,52
$SL_5 \times RL_9$	17,05	8,10	3,25	4,85
$SL_5 \times RL_{10}$	14,16	9,46	0,51	8,95
Róna-4	16,33	8,23	0,39	7,84
Monori édes	14,11	6,81	0,64	6,17
Főátlag	14,35	8,59	1,58	7,01
SzD_{5%}	2,32	2,23	0,66	2,26

A vizsgált genotípusoknak igazolható hatása volt a refrakciósázalékra (SzD_{5%}=2,32), az összes cukortartalomra (SzD_{5%}=2,23%), a redukáló cukortartalomra (SzD_{5%}=0,66) és a nem-redukáló cukortartalomra (SzD_{5%}=2,26)(**72. táblázat Melléklet**).

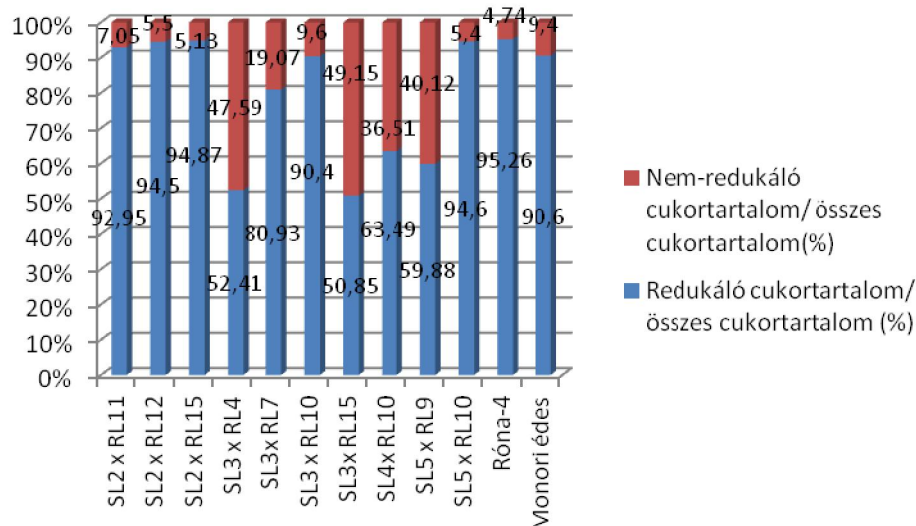
4.1.19. A cirokhibridek szárlevének beltartalmi mutatói

A vizsgált mutatók alapján a **10. ábrán** látható, hogy a hibridek refrakciósázalékának 43,37-87,70%-a tekinthető az összes cukortartalomnak. A legalacsonyabb relatív aránya az $SL_2 \times RL_{11}$ hibridnek volt. A legmagasabb arányt az $SL_4 \times RL_{10}$ hibrid mutatta. A redukáló cukortartalom és a refrakciósázalék relatív arányának intervallum értékei 2,39-32,03%-ig terjedt. A legmagasabb arányt mutatta az $SL_4 \times RL_{10}$. A nem-redukáló cukortartalom és a refraktométeres szárazanyag-tartalom relatív arányának határértékei 23,54-74,91%-ig terjedtek. A legalacsonyabb értéket az $SL_3 \times RL_4$ hibrid mutatta. A legmagasabb relatív arányt az $SL_3 \times RL_{10}$ hibridnél számoltam.



10. ábra A háromvonalas cirokhibridek beltartalmi mutatói teljesítésben (Debrecen, 2010) I.

Az összes cukortartalomban a redukáló cukortartalom intervallum értékei 52,41-95,26%-ig terjedtek. A legmagasabb volt a redukáló cukortartalma az összes cukron belül a *Róna-4* növénynek. A legkisebb relatív arányt az $SL_3 \times RL_4$ hibrid mutatta. A nem-redukáló cukortartalom és az összes cukortartalom relatív arányának határértékei 4,74-49,15%-ig változott. (11. ábra).



11. ábra A kétvonalas cirokhibridek beltartalmi mutatói teljesítésben (Debrecen, 2010) II.

4.1.20. A restorer cirokvonalak és a cirokhibridek alkohol kihozatalának elemzése viaszérésben

A restorer vonalakat és a cirokhibrideket a viaszérés végén és a teljesérés kezdetén betakarítottam, és elvégeztem a szárlé alkohol kihozatal vizsgálatát a piknométeres módszerrel. A levágott szárról eltávolítottam a leveleket, és a levét hengeres szárpréssel nyertem ki (*5/a melléklet, 5/b melléklet*). Az érés végén szacharóz koncentráltódott a szárbélben, a levágott szárnak a nedvességtartalma 70%-os volt. A kiperéselt levét lehűtve tároltam (*5/d melléklet*). A restorer vonalak levének pH-ja az erjesztés előtt 6,03 volt, a vonalokból készült alkohol pH-ja a kezelés végén 4,21-re csökkent. A hibridekből nyert lé pH-ja 6,86-ot mutatott, az erjesztés után a bioetanol pH-ja 5,76-ra csökkent (*5/e melléklet*). Az első kísérleti évben (2009. 09. 01.) a hibrideket hibridcsoportokba soroltam, amelyet az anyavonalaik alapján alakítottam ki (*SL₁, SL₂, SL₃, SL₄-hibridek*). A kísérletben szereplő genotípusokat a **74. táblázat Melléklet** szemléltette. Az *SL₁-SL₄ hibridek* alkoholtartalmának intervallum értékei 2,93-6,23 V/V-ig váltakoztak.

A legmagasabb alkohol kihozatali értéket az *SL₄-hibridcsoport* érte el. Az átlagos alkoholtartalom értéke 4,48 V/V volt 2009-ben. Szignifikáns különbséget találtam a hibridcsoportok alkoholtartalma között (SzD_{5%}=0,057)(**74. táblázat Melléklet**).

A második kísérleti évben a hibrid- és a vonalcsoportok alkohol kihozatali értékét hasonlítottam össze. A hibridcsoportoknak azonos alkoholtartalma (2,45 V/V) volt.

A restorer vonalak kevesebb alkoholtartalmat (2,38 V/V) mutattak, mint a hibridek. Hibridfőlényt tapasztaltam az alkohol kihozatalban (**74. táblázat Melléklet**).

A kétvonalas cirokhibrid csoportok közötti különbségek P=5%-on szignifikánsak. A különbség mátrixot a **73. táblázat** szemlélteti. A különbség értékek intervallumai 0,053*-3,30*-ig terjedtek. A legnagyobb különbséget az *SL₄* és az *SL₅*- hibridcsoportok között találtam (**73. táblázat**).

73. táblázat A kétvonalas cukorcirok-hibridek alkohol kihozatalának különbségmátrixa

Hibridek	SL ₁ -hibrid	SL ₂ -hibrid	SL ₃ -hibrid	SL ₄ -hibrid	SL ₅ -hibrid
SL ₁ -hibrid	-	-0,053*	-2,01*	-2,48*	0,80*
SL ₂ -hibrid	0,053*	-	-1,95*	-2,44*	0,86*
SL ₃ -hibrid	2,01*	1,95*	-	-0,48*	2,81*
SL ₄ -hibrid	2,49*	2,44*	0,48*	-	3,30*
SL ₅ -hibrid	-0,80*	-0,86*	-2,81*	-3,30*	-

A szignifikancia szintje P=5%-os szinten megbízható

4.1.21. A beltenyésztett cirokvonalak és hibridjeik egyes beltartalmi tulajdonságainak vizsgálata

A vizsgált cirok restorer vonalak keményítőtartalmának értékei 33,90-64,03%-ig terjedtek. A legmagasabb értéket az RL_{12} minta mutatta. A vonalak között találtam szignifikáns különbséget a keményítőtartalomra vonatkozóan, az $SzD_{5\%}$ értéke 0,28 volt.

A vonalak fehérjetartalmát 8,27-23,10%-ig mértem. A legnagyobb értéket az RL_{10} vonalnál tapasztaltam. A vonalak között különbség volt a fehérjetartalomra vonatkozóan is, a szignifikáns differencia értéke 0,22 volt. Nagy fehérjetartalmat találtam az RL_4 és az RL_7 vonalaknál (18,63% és 19,83%) (75. táblázat).

Az $SL_1 \times RL_4$ hibrid fehérjetartalma 17,67%-ra csökkent az apai vonalhoz képest, de pozitív heterózist számoltam. Az $SL_1 \times RL_7$ hibrid fehérjetartalma 12,70%-ra csökkent és negatív heterózist számoltam. A legmagasabb ezerszemtömeg átlagértéket az RL_7 vonalnál mértem, amely 31,00 g volt (75. táblázat).

A keményítőtartalom értékek 48,37-62,63% között változtak a kétvonalas hibridek esetében. Az $SL_1 \times RL_{12}$ hibridnél mértem a legmagasabb keményítőtartalmat és ezerszemtömeget is (32,7 g). A keményítőtartalomra vonatkozóan találtam szignifikáns különbséget a hibridek között ($SzD_{5\%}=0,22$). A fehérjetartalom intervalluma 9,43-17,7%-ig változott. Az $SL_1 \times RL_{10}$ hibrid értéke 17,70%, amely a legnagyobb volt a vizsgált vonalak közül.

75. táblázat A cirok restorer vonalak keményítő-, fehérjetartalma és ezerszemtömege

Cirok-vonalak	Keményítő (%)	Fehérje (%)	Ezerszem-tömeg g	Cirok-hibridek	Keményítő (%)	Fehérje (%)	Ezerszem-tömeg g
RL_4	39,33	18,63	25,00	$SL_1 \times RL_4$	52,37	17,67	33,30
RL_7	33,90	19,83	31,00	$SL_1 \times RL_7$	56,47	12,70	27,00
RL_{10}	37,37	23,10	22,33	$SL_1 \times RL_{10}$	48,37	17,70	28,70
RL_{12}	64,03	8,27	20,00	$SL_1 \times RL_{12}$	62,63	9,43	32,70
SL_1	58,90	11,23	30,66				
$SzD_{5\%}$	0,28	0,22	„ns”	$SzD_{5\%}$	0,22	0,25	„ns”

Minden hibridnél pozitív átlagos és abszolút heterózishatás volt tapasztalható a keményítőtartalomra nézve. A relatív heterózis értékei 0,49-21,7% közötti intervallum értékeket mutattak, a két szülő átlagát a keményítőtartalomra nézve 21,7%-kal haladta meg az $SL_1 \times RL_7$ hibrid, amelynek keményítőtartalma 56,47% volt, és az abszolút heterózis is 10,07%-ot mutatott. A legmagasabb keményítőtartalmat (62,63%-ot) tartalmazó hibrid az $SL_1 \times RL_{12}$, amelynek keményítőtartalomra vetített relatív heterózisa 1,9% volt, míg az abszolút heterózis értékének 1,17%-ot számoltam.

A fehérjetartalomra számított átlagos és abszolút pozitív heteróizist az $SL_1 \times RL_4$ és az $SL_1 \times RL_{10}$ kétvonalas hibrideknél figyeltem meg. Az $SL_1 \times RL_4$ hibrid fehérjetartalomra számított átlagos heteróizisnak 18,35%-ot, míg az abszolút heteróizisnak 2,74%-ot számoltam. A fehérjetartalma a 18,35% relatív heteróizist mutató hibridnek 17,67%-os értéket mutatott. Az $SL_1 \times RL_{10}$ hibridnél 3,14% relatív heteróizist, míg 0,54% abszolút heteróizist számoltam a fehérjetartalomra nézve.

Az ezerszemtömegre számítva mind az átlagos heteróizis, mind a heterobeltiózis két hibrid esetében volt pozitív. Az $SL_1 \times RL_4$ hibridnél az átlagos relatív heteróizis 19,65%, míg az abszolút heteróizis 5,47%-os értéket mutatott. A hibrid ezerszemtömegre nézve a jobbik szülő átlagát is meghaladta. A heterobeltiózis relatív értéke 8,61%, míg az abszolút 2,64%-os volt. A kétvonalas cukorcirok hibrid ezerszemtömegének (33,3 g)-ot mértem, amely a legnagyobb volt a vizsgált vonalak között. Az $SL_1 \times RL_{12}$ hibrid ezerszemtömege 32,7 g, a relatív átlagos heteróizis 29,09%, míg az abszolút 7,37%-ot ért el. A jobbik szülő átlagát 6,65%-kal, míg abszolút heterobeltiózisa számítva 2,04%-kal haladta meg. Az $SL_1 \times RL_{10}$ hibridnél az átlagos relatív- és abszolút heteróizis volt tapasztalható, míg a jobbik szülő átlagát nem haladta meg a hibrid az ezerszemtömeget illetően. A két szülő átlagát 8,32%-kal múlta felül, az ezerszemtömeg 28,7 g volt (**76. táblázat**). A keményítő- és a fehérjetartalom alakulása között szoros negatív szignifikáns korrelációt tapasztaltam ($r=-0,958^{**}$).

76. táblázat A heteróizis mértéke a NIR-készülékkel meghatározott beltartalomra vonatkozóan a vizsgált hibrideknél a szemtermés teljesérésekor (Debrecen, 2008. 10. 15.)

Heteróizishatás mértéke a keményítőtartalomra				
Keresztezések	Heteróizis		Heterobeltiózis	
Hibridek	Átlagos (%)	Abszolút (%)	Átlagos (%)	Abszolút (%)
$SL_1 \times RL_4$	6,63	3,25	-11,08	-6,53
$SL_1 \times RL_7$	21,7	10,07	-4,12	-2,43
$SL_1 \times RL_{10}$	0,49	0,24	-17,87	-10,53
$SL_1 \times RL_{12}$	1,9	1,17	-2,18	-1,4
Heteróizishatás mértéke a fehérjetartalomra				
Keresztezések	Heteróizis		Heterobeltiózis	
Hibridek	Átlagos (%)	Abszolút (%)	Átlagos (%)	Abszolút (%)
$SL_1 \times RL_4$	18,35	2,74	-5,15	-0,96
$SL_1 \times RL_7$	-18,22	-2,83	-35,95	-7,13
$SL_1 \times RL_{10}$	3,14	0,54	-23,37	-5,4
$SL_1 \times RL_{12}$	-3,28	-0,32	-16,02	-1,8
Heteróizishatás mértéke az ezerszemtömegre				
Keresztezések	Heteróizis		Heterobeltiózis	
Hibridek	Átlagos (%)	Abszolút (%)	Átlagos (%)	Abszolút (%)
$SL_1 \times RL_4$	19,65	5,47	8,61	2,64
$SL_1 \times RL_7$	-12,42	-3,83	-12,9	-4,00
$SL_1 \times RL_{10}$	8,32	2,21	-6,39	-1,96
$SL_1 \times RL_{12}$	29,09	7,37	6,65	2,04

4.1.22. A mutáció eredményei cirokkísérletben

A fenológiai tulajdonságok változása a kísérletben a következők szerint alakult: 10 Gy *Zádor* M₂-generációjában már a csíranövénykorban extrém klorofill defektusos (albínó) növényeket detektáltam (*1/a melléklet*). A növények levélalapjából indukált kallusz növekedése a legalacsonyabb koncentrációjú (4,5 mikro-mol 2,4D-koncentrációjú) táptalajon indult meg. Az M₁-nemzedék 10 Gy és a 12,5 Gy dózissal kezelt állományban a levelek száma is növekedett. A 12,5 Gy *Zádor* M₁-nemzedék esetében dupla buga megjelenését, alacsony növénymagasságot, fokozott produktív bokrosodást tapasztaltam.

A fenometriai tulajdonságok közül: a levélterület index (LAI m²m⁻²) a dózis növekedésével csökkent: 12,5 Gy *Rib* esetében 0,42 m²m⁻² volt a főnövényeknél az első mérés alkalmával. A kontrollhoz képest legmagasabb értéket a 7,5 Gy *Rib* és a 10 Gy *Zádor* mutatta, ahol mindkét esetben 0,72 m²m⁻² levélterület indexet számoltam a júniusi állományban. Ennek ellenére az összes levélterület mégiscsak növekedett - a standard állományhoz képest -, hiszen a főnövények mellett a sarjhajtások is megjelentek.

A fokozott bokrosodási készség miatt a LAI értéke a következőképpen alakult: kontroll növények esetében. 2,14 m²m⁻², a 12,5 Gy *Rib* esetében 2,65 m²m⁻², és a legmagasabb értéket a 10 Gy dózissal kezelt növényállományban érte el, ahol a főnövényekkel és a produktív sarjakkal együtt 3,87 m²m⁻² levélterület indexet számoltam (*77. táblázat*).

77. táblázat A levélterület index LAI (m²m⁻²) alakulása a *Rib* és a *Zádor* esetében
(Debrecen, 2005. 06. 17 -08. 15.)

Dózis (Gy)	Főnövény (LAI)		Sarjhajtás (LAI)		Összesen (LAI)	
	<i>Rib</i>	<i>Zádor</i>	<i>Rib</i>	<i>Zádor</i>	<i>Rib</i>	<i>Zádor</i>
	2005. június 17.					
12,5	0,42	0,69	0	0	0,42	0,69
10	0,72	0,70	0	0	0,72	0,70
7,5	0,72	0,58	0	0	0,72	0,58
5	0,63	0,51	0	0	0,63	0,51
0	0,62	0,49	0	0	0,62	0,49
	2005. július 17.					
12,5	1,49	1,21	0,61	0,67	2,11	1,89
10	1,98	1,64	1	0,51	2,99	2,15
7,5	1,49	1,40	0,43	0,52	1,98	1,93
5	1,47	1,30	0,59	1,39	2,07	2,69
0	2,01	1,63	0	0	2,01	1,63
	2005. augusztus 15.					
12,5	1,60	1,22	1,04	0,96	2,65	2,18
10	2,21	2,09	1,66	1,12	3,87	3,21
7,5	1,52	1,59	1,95	1,57	3,47	3,11
5	1,58	1,37	0	0	1,58	1,37
0	2,14	2,14	0	0	2,14	2,14

A nagyobb sugárdózisok alacsonyabb növénymagasságot eredményeztek. A legkisebb növénymagasságot a 12,5 Gy *Zádor* esetében mértem 48 cm-t, 12,5 Gy *Rib* populációban 65 cm-t felvételeztem, míg a kontroll-állomány átlagos magassága 110 cm volt. A vetéstől az 50 %-os bugamegjelenésig eltelt napok száma 7-8 nappal növekedett, a kontrollal egy időben virágoztak a 7,5 Gy és a 10 Gy dózissal kezelt egyedek. A 12,5 Gy *Zádor* esetében dupla buga megjelenését tapasztaltam.

Intenzív produktív bokrosodás volt tapasztalható a 7,5 Gy és a 10 Gy dózissal besugárzott állomány esetében, míg a 12,5 Gy dózisoknál a nagy mennyiségű sarjképződést 50 %-nál több steril bugamegjelenés kísérte, tehát improduktív bokrosodás jelentkezett. A steril bugák miatt a Harvest index a 12,5 Gy dózissal kezelt állományban a *Zádor*-nál 0,2265, míg a *Rib*-nél 0,2338 volt.

A *Zádor* M₀ nemzedékében a 4,5 Gy dózisonál a Harvest index 0,5807, 10 Gy esetén 0,4234 értékeket számítottam a nagyszámú produktív buga képződése miatt. Ugyanezen Harvest index értékek a *Rib* esetében 0,6106 és 0,5264 volt. Megvizsgáltam néhány lényeges fenológiai és morfológiai tulajdonságot, ezek a következőképpen alakultak: a növénymagasság 96,22-110,29 cm, a bugahossz 19,11-25,25 cm, a bugaoldalág száma 19,57-29,88 db, az ezerszemtömeg 19,71-32,44 g között változott (**78. táblázat**).

78. táblázat A termés és a terméskepző elemek változása a besugárzott *Sorghum* genotípusok esetében (Debrecen, 2005. 11. 15.)

Genotípus	Dózis (Gy)	Növénymagasság (cm)	Harvest index	Buga - hossza (cm)	Buga- oldalág száma (db)	Ezer- szem tömeg (g)	Szem- termés (kg/m ²)
Rib	0	107,60	0,4886	19,11	29,88	32,44	0,408
	5	110,29	0,4620	20,94	20,81	27,54	0,422
	7,5	105,30	0,6106	20,56	19,57	28,27	0,644
	10	103,68	0,5264	20,54	21,63	30,06	0,464
	12,5	96,22	0,2338	19,70	24,13	25,43	0,183
Zádor	0	110,00	0,4532	25,25	27,50	30,49	0,606
	5	100,88	0,4625	20,05	19,71	19,71	0,407
	7,5	103,57	0,5807	22,60	20,62	20,62	0,521
	10	96,34	0,4234	23,08	22,52	22,52	0,471
	12,5	96,52	0,2265	21,95	23,64	24,31	0,225
SzD_{5%}		3,18	0,11	0,95	0,72	0,72	0,18

Megállapítottam, hogy a morfológiai jegyeket érintő változások már a besugárzás évében jelentkeztek. 12,5 Gy dózissal besugárzott állományban jelenleg a mezőgazdaság számára kedvezőtlen mutánsokat kaptam, amely hátrány a következőkben nyilvánult meg: átlagosan 6-8 nappal elhúzódó kelési és érési idő, frakcionáltérés, ennek következtében egy éréscsoporttal hátrább sorolódtak ezek az egyedek. Az improduktív bugaképződés következtében jelentkező, csökkent fertilitású és steril bugák miatt kicsi volt a Harvest index (**78. táblázat**).

Agronómiailag hasznos mutánsokat a 7,5 Gy és a 10 Gy sugárdózisoknál kaptam, hiszen a kontroll egyedekhez képest 1-2 nappal hamarabb keltek ki és értek be, a fokozott produktív bugákat hozó sarjak miatt az összes levélterület index növekedett, amely kedvező irányba befolyásolta a képződött asszimiláták mennyiségét. A Harvest index és a szemtermés is növekedett a *Rib* genotípusnál. A legszembevetőbb változást a 12,5 Gy *Zádor* esetében tapasztaltam az ikerbugák megjelenésével.

4.2. AZ EREDMÉNYEK MEGVITATÁSA

4.2.1. A kukorica morfológiai és fenometriai tulajdonságainak elemzése

Az emészthetőség javításának céljából megváltoztathatók a növények morfo-fenometriai tulajdonságai úgy, mint a csőeredés aránya a növénymagassághoz képest, az egyes növényi részek szárazanyagon belüli részaránya és a levélszám (TÓTHNÉ ZSUBORI, 2011 b). A brown midrib gén visszakeresztezéssel történő bevitelével javítható a szilázs beltartalmának minősége és a biogáz kihozatala (GYULAVÁRI et al., 2012).

A szárazanyag és a hasznos termés növelése szempontjából lényeges a kukoricahibridek és a szülői vonalak esetében a felálló („felálló, félig-felálló”) levélállás (*GK42 bm₃* és a *GK42 bm₃ x GK43 bm₃*). Ezek a kukorica genotípusok energiatakarékosak voltak, mert kedvezőbben alakult a fényhasznosításuk hatásfoka.

A bőséges pollentermelése miatt a *GK42 bm₃* vonal apai keresztezési partnerként szerepelt a hibrid előállításban (BÓDI, 2007). A kísérleteinkben vizsgált kukoricahibridek közül szétterülő levélállással rendelkezett az *SzeTC 465 bm₃*, amelynek alacsonyabb volt a fotoszintetikus hatásfoka, ennek következtében kevesebb mennyiségű szervesanyag képződött.

A nemesített brown midrib kukorica hibridek korai virágzásúak voltak és rövid csőhosszal rendelkeztek, „simaszemű” szemtermést hoztak. Megállapítottam, hogy a „simaszemű” kategóriába tartozó kukoricahibridek átlagtermése kevesebb, mint a „dent” típusú szemtermést hozó hibridek átlagos hozama. A „flint” típusú kukoricák ezerszemtömege alacsony, apró szemű NAGY, et. al., 2007 és a keményítőtartalmuk átlag alatti.

A *bm₃* hibridek csőhossza 14,11-16,20 cm volt, az izogén hibridek értékei 15,28-16,98 cm-t értek el. HEGYI et al., 2009 a leveles hibridek főcsőhossza 19,2 cm volt, a nem-leveles hibridek főcsőhosszának 18,7 cm-t mértem. A brown midrib kukoricahibridek csőtömegeinek intervallum értéke kevesebb volt (72,27-106,08 g), mint az izogén hibridek csőtömegeinek értéke (107,39-135,61 g). A legkisebb tömeget mértem a *GK49 bm₃ x GK42 bm₃* hibridnek és a legrövidebb csőhosszat (14,11 cm) a *GK42 bm₃ x GK43 bm₃* hibridnél tapasztaltam. A brown midrib hibridek agronómiai hátránya a kevesebb szemtermés (MILLER et al., 1983; WELLER et al., 1985), amelyet kompenzált a szemben lévő alacsonyabb lignintartalom.

A növénymagasság alapján a hibridek a „magas” kategóriába tartoztak. A *GK49 bm₃ x GK42 bm₃* hibrid magassága volt a legnagyobb (223,00 cm) és a csőeredési magassága a legkisebb (46,50 cm) értéket mutatta.

A csőeredési magasság és a növénymagasság aránya minden felvételezett hibridnél alacsony volt, de a legalacsonyabb a *GK49 bm₃ x GK42 bm₃* hibridnél, míg a legmagasabb értéket az *SzeTC 465 bm₃*-nál (0,32) mértem. **GYULAVÁRI et al., 2003 b** kísérletében a brown midrib hibridek növénymagasság értékei (160-185 cm) nem maradtak el a normál analógokétól. **GYULAVÁRI et al., 2003 a** a brown midrib hibridek növénymagasság értékek 167-203 cm-ig terjedtek, míg a csőmagasság 96,4-108 cm-ig változott. A brown midrib kukorica-állományban szármegdőlést nem tapasztaltam. **PINTÉR és NÉMETH, 1981** vizsgálatai alapján szintén nincs szoros korreláció a lignintartalom és az állóképesség között

A levélállás, a címer oldalágak állása valamint az oldalágak száma magas h^2 -el öröklődött, tehát elsősorban genetikailag determinált tulajdonságoknak tekinthetők. **LECHTENBERG et al., 1972** a brown midrib kukorica állományban az alacsonyabb lignintartalmat a barna levélér, mint fenotípusos marker jelzi.

A szár szerkezetének és összetételének vizsgálata során **BOON et al., 2005** megállapította, hogy a 7. internódium fölötti szárrészekben található a legkevesebb rost és a legtöbb cukor. A többi internódium szakaszhoz képest a felső szárrészekben található a legtöbb fehérje, és ezeken a szakaszokon a legjobb az emészthetőség. A lignintartalom csökkenésével az egyes szárrészek emészthetősége jobb és a biogáz-produkciója is nagyobb, mint a többi szakaszoké. Két brown midrib kukoricahibrid (*GK49 bm₃ x GK42 bm₃*, *SzeTC 465 bm₃*) szártagjainak vizsgálata során megállapítottam, hogy mindkét hibrid esetében a cső alatti szárrész tömege és átmérője nagyobb értéket mutatott, mint a cső fölötti szárrész átmérője. Mindkét minta esetében a 7. szártag alatti szárrészek tömege alacsonyabb volt, mint az internódium tömegek átlagértéke és a felső internódium tömegek értékei. Mindkét vizsgált hibridnél a 4. internódium tömegét mértem a legnagyobbknak. **ZUBER et al., 1977** munkája alapján a *bm₃* gént tartalmazó kukorica genotípusoknak 17-26%-kal kevesebb volt a szártömege, mint a hagyományos kukoricának.

4.2.2. A szilázs detergens rostfrakcióinak, emészthetőségi tulajdonságainak és aminosav-összetételének elemzése valamint a szemtermés beltartalmi analízise

A brown midrib kukoricahibridek termesztésével növelhető a szilázs szárazanyag-tartalmának emészthetősége. A szilázs emészthetőségét döntő mértékben befolyásolta a növényi sejtek savdetergens lignintartalma (ADL), savdetergens rosttartalma (ADF) és neutrális detergens rosttartalma (NDF). A növények rövid tenyészideje, optimális betakarításkori ideje (35-40%) **DARBY és LAUER, 2002** tovább javította a minőséget.

A bm_3 -gént hordozó vonalak alacsony szemtermését és kisebb csőtermését ellensúlyozta az alacsonyabb lignintartalom, a nagyobb levél- és szártömeg. A kevesebb lignintartalom segítette a rostok lebonthatóságát. A kukorica lignintartalma a genotípusoktól és az egyes növényi részekről függően eltérő értékeket mutatott. A csőnek és a szárnak mértem a legkevesebb lignintartalmát (**ESTRADA-FLORES et al., 2006**). A vizsgált vonalak közül a $GK49\ bm_3$ és a $GK49\ izogén$ vonalakat jellemezte a legkisebb habitus (legkevesebb növényi tömeg, legalacsonyabb növénymagasság.), amelynek következtében a legtöbb növényi részben (cső, szár, szecska) jelentős szignifikáns eltérés mutatkozott a lignintartalomban a $GK49\ bm_3$ és a $GK49\ izogén$ változata között. **GYULAVÁRI et al., 2003** a szerint a $CGW\ 9\ bm_3$ vonal lignintartalma 3,6%-os volt, míg a $CGW\ 9$ normál változatának lignintartalma 5,5%-ot mutatott. A donor szülők és a bm_3 változatok között növénymagasságban és tenyészidőben is nagy különbség volt ($A\ bm_3\ (W\ 9) \times B\ bm_3\ (W\ 9)$: 183 cm; $A\ bm_3\ (A\ 344) \times B\ bm_3\ (A\ 344)$ 167 cm). A saját nemesítésű brown midrib kukoricahibridjeink növénymagassága $GK49\ bm_3 \times GK42\ bm_3$ 223,00 cm és $GK42\ bm_3 \times GK43\ bm_3$ növénymagassága 192,00 cm volt.

Az $SzeTC\ 465\ bm_3$ hibrid szecska ADL, ADF-tartalomban és NDF-tartalomban szegényebb volt, mint az izogén hibridjének savdetergens lignintartalma, savdetergens- és neutrális detergens rosttartalma. A bm_3 génnek igazolható hatása volt a szecska detergens rostösszetevőire. Ezzel ellentétben **GYULAVÁRI et al., 2003** a bm_1 lignincsökkentő hatását ($CGW9\ bm_1$ lignintartalma 3,2%), a $CGW9\ bm_3$ lignintartalma (3,6%) hatékonyabbnak találta, mint a bm_3 lignincsökkentő hatását. A kísérleteink alapján megállapítottuk, hogy a legtöbb sejtfalkomponens igen szoros pozitív korrelációban volt egymással minden növényi részben (levél, cső, szár, szecska). **MARTEN et al., 1975** alapján igen szoros pozitív kapcsolat volt a $GK49\ brown\ midrib$ kukoricaszecska ADF- és NDF-tartalma között ($r=0,979^{**}$) és a csőtermés ADL- és ADF-tartalma között ($r=0,943^{*}$). **MOLNÁR és GYÓRI, 1996** szemes kukorica detergensrost analíziseit vizsgálva megállapította, hogy a nyersrost és az NDF-tartalom között ($r=0,78$), valamint a nyersrost és az ADF-tartalom ($r=0,96$) szoros pozitív kapcsolat volt. Ennek oka, hogy ezek a komponensek egymás részeinek tekinthetők. A genotípusok szignifikáns hatása is érvényesült. A legtöbb korrelációt a szecska és a levél detergensrost összetevői között találtam. A kukorica, cirok és vegyes vetésekből készült szilázsminták emészthetőségét javította a magas nyersfehérje-tartalom ($M_V\ TC\ 1255$, 9,78% és $M_V\ 434$ 6,48%), a szár vízzoldható szénhidráttartalma és a szemtermés keményítőtartalma (**TÓTHNÉ ZSUBORI és MARTON L., 2011 a**).

Az egyes növényi részek feltáródását rontotta a nyersrosttartalom, az NDF-, ADF- és az ADL-tartalom. A brown midrib kukoricahibridek termesztésével növelhető a szilázs szárazanyag-tartalmának emészthetősége. A vizsgált genotípusok közül a legjobb emészthetősége volt az *SzeTC 465 bm₃* hibridnek az alacsony nyersrost (17,63%) és detergensrost frakciók miatt. **TÓTHNÉ ZSUBORI, 2011 b** vizsgálataiban a legalacsonyabb nyersrosttartalma az *Mv 434* hibridnek volt (13,57%). A vegyes vetések közül a *Róna+SzeTC 465 bm₃* kombinációnál találtam a legkedvezőbb beltartalmi paramétereket (magas nyersfehérje-tartalom (7,98%), alacsony nyersrosttartalom (22,75%). A brown midrib kukoricahibridek szilázmintáiban szoros negatív szignifikáns korrelációt számoltam a szárazanyag-tartalom és az NDF-tartalom között (-0,926**). **BEDŐ és BOGYAI, 1981; VÁRHEGYI et al., 1982; VÁRHEGYINÉ, 1982** kísérleteiben a szárazanyag-tartalom a növény minden minőségi mutatóival szoros korrelációt mutatott. Ezzel ellentétben **MOLNÁR, 1997** gyenge negatív kapcsolatot talált a szárazanyag-tartalom és a nyersfehérje között ($r=-0,11$).

Szoros pozitív szignifikáns kapcsolat volt a nyersfehérje és az NDF-tartalom között (0,860*). A kísérleti növényeket az optimális betakarításkori szárazanyag-tartalomnál silóztuk (35%) **OROSZ et al., 2003** aminek következtében a szilázsban kedvező erjedési feltételek jöttek létre, és a beltartalmi tulajdonságok is megfelelően alakultak. A ciroknál a betakarításkori szárazanyag-tartalom 10-15%-kal alacsonyabb értéket ért el, mint a kukorica. Ennek következtében a cirok szára több nedvességet és nagyobb mennyiségű cukrot tartalmazott. A szár magas cukortartalma elősegítette a sejtfal emészthetőségét. **SAMIR et al., 1999** szintén pozitív korrelációt írt le a szár cukortartalma és a sejtfal emészthetősége között. A silókukorica hibridek emészthetőségére a nyersfehérje és a betakarításkori szárazanyag-tartalom pozitív hatással volt, míg a nyersrost, az NDF, az ADF és főleg a lignin negatív hatása érvényesült. A brown midrib kukoricahibridek nemesítésével javítható a rostok lebonthatósága, mert a szárazanyagon belül kevesebb a szárban és a csőben található lignin mennyisége. A saját nemesítésű silóhasznosítású hibridjeinkkel egységnyi területről **PINTÉR et al., 2007** a legnagyobb mennyiségű zöld biomassza takarítható be, amely kiváló minőségű emészthető tápanyaggal rendelkezett és gazdaságos volt. A cirokszilázs minőségét specifikusan meghatározta a rost- és a lignintartalom. A vegyes szilázs minőségét döntően befolyásolta a betakarításkori szárazanyag-tartalom összehangolása a szárazanyaghozammal (**AVASI, 2007**).

A silókukorica beltartalmát és emészthetőségét manapság a különböző növényi részek arányának megváltoztatásával (leveles hibridek, többcsövűség, vékony szár), illetve a rost- és lignintartalom csökkentése révén az emészthető tápanyagok mennyiségének növelésével próbálták javítani.

Kevés arra vonatkozó irodalom áll rendelkezésre, hogy hogyan változik a szecska aminosav- és nyersfehérjetartalma erjedés után. Tekintettel arra, hogy az erjesztés tartósítási eljárás, amelynek során nem romlik a szecska beltartalmának minősége a tejsavas fermentációs szakasz után sem. Ez akkor valósul meg ha a növények optimális betakarítási időben voltak vágva. A nemesítéssel tovább bővíthető a magasabb aminosav- és fehérjetartalmú hibridek köre (**BÁLINT, 1977; KRALOVÁNSZKY és MANNINGER, 1985**). A limitáló aminosavak mennyisége a fehérjetartalom növekedésével csökkent. A vizsgált kukoricaszilázsok közül az *SzeTC 465* hibrid esszenciális aminosav mennyisége volt a legkedvezőbb (lizin: 4,84 g/100 g; metionin: 2,26 g/100 g; cisztein: 1,61 g/100 g). A *126 x S_I+Monori édes* kombinációnál szintén nagy mennyiségű limitáló aminosav volt jelen (lizin: 4,89 g/100 g; metionin: 2,06 g/100 g; cisztein: 1,63 g/100 g). A kukoricafehérjében kevés a lizin és a triptofán. A limitáló aminosavak mennyisége növelhető *Opaque* mutáns kukoricahibridekkel, amelyeknek a nyersfehérjetartalma 9,15-10,10,15%-ig terjedt (**PEPÓ és PÁSZTOR, 1985**). **PÁSZTOR et al., 1997** kísérleteiben a kukoricahibridek szemtermésében (*De SC 351, De SC 377, De TC 382*) az átlagos nyersfehérje-tartalom 10,67-11,43%-ig változott. A hibridek lizintartalma 2,18-3,38%-ig terjedt, a ciszteintartalmuk intervalluma 1,06-1,56%-os volt. A *De TC 382* hibridnél 11,57%-os volt a nyersfehérje-tartalom. A *De TC 382* hibrid esszenciális aminosavai közül a ciszteintartalom a legkevesebb értéket érte el 1,20 g/100 g fehérje és a lizintartalomból 2,72 g/100 g volt a legtöbb. Az aminosavak közül a leucin a legtöbb aminosavval szorosan korrelált a következők szerint: szerinnel (0,77*), hisztidinnel (0,80**), és a prolinnal (0,84**).

A vizsgált kukorica genotípusok (*S₄, S₆, S₄ x S₆, 126 x S_I*) a szemtermésük alapján a „lófogú” (dent) kategóriába tartoztak, ezért több tartaléktápanyagot tartalmaztak, mint a „simaszemű” változataik. A szemtermésbe több keményítő halmozódott fel (70,84-71,33%), ami utalt az intenzív szénhidrát-akkumulációra. A vegetációs periódusban a zöld növényi szár is magasabb cukortartalmat mutatott, mint a „simaszemű” (flint) változatok, ugyanakkor alacsonyabb proteintartalmat mértem a vizsgált „dent” típusú kukoricáknál (7,61-9,56%).

A hibrideknek alacsony volt a fehérjetartalma **SÍPOS és UNGAI, 2007**, ezért ideális alapanyagai a fermentáló iparnak. A hibridek- a 70% feletti keményítőtartalmuk miatt bioetanol-előállításra is felhasználhatók, és széles körben kiterjeszthetők (**YULING et al., 2009 a**).

BOROS és SÁRVÁRI, 2009 öt kukorica- hibridjének (*PR 38B12, PR 37D25, KWS 353, DKC 5211, PR 36K67*) keményítőtartalma 71,79-73,59%-ig terjedt. **GYŐRI et al., 2008** vizsgálataiban a kukoricahibridek keményítőtartalmának határértékei 71,09-72,7% és a fehérjetartalma 9,16-9,97%-ig változott. A hibridek fehérjetartalmának intervalluma 10,28-12,13%-ot mutatott. A keményítő összetétele (amilóz, amilo-pektin) befolyásolta az erjeszthetőséget **MARTON L, 2011** és az etanolhozamot. A kísérleti évében (2008) nagy mennyiségű csapadék hullott, aminek hatására magasabb volt a keményítő-akkumuláció. A szárazabb kísérleti évben (2009) a fehérjetartalom ért el magasabb értékeket. A kukorica szemtermésének minőségi paraméterei korreláltak a hektáronkénti hozammal. A keményítő bázisán kinyerhető etilalkohol mennyiségét befolyásolta az alkalmazott biológiai alapok és annak tenyészideje **BAI és SÍPOS, 2009** agrotechnikai körülmények (low-input rendszer) valamint az évjáráthatás.

4.2.3. Heterózisok

A heterózis mértékéből következtetni lehet a tulajdonságok öröklődhetőségére. A nagy h^2 értékkel rendelkező tulajdonságok esetében a heterózis kisebb mértékű, míg a kis h^2 értékű tulajdonságok genetikailag kevésbé meghatározottak, azokat a környezeti tényezők jobban befolyásolták, így ezeknél nagyobb heterózis jelentkezett. A növénymagasság és a csőeredési magasság értékeit **GYULAVÁRI et al., 2003 a, b** mérte, de heteróvizist nem számolt. Esetemben a vizsgált brown midrib és izogén hibridek mindkét szülő és a jobbik szülő teljesítményét is felülmúlták a csőeredési magasságban és a csőtömegben. A heterózisok mértéke nagyobb volt az izogén hibrideknél, mint a brown midrib hibrideknél. Mindkét paraméterben a *GK49 izogén x GK42 izogén* hibrid fölényét találtam a legnagyobbak (csőeredési magasságnál a heterózis: 113,50% és a heterobeltiózis: 93,06%) és a (csőtömegnél a heterózis: 423,79% és a heterobeltiózis: 390,62%). A növénymagasság tekintetében az *SzeTC 465* hibrid 68,12%-kal múlta felül mindkét szülő átlagát és 66,44%-kal haladta túl a jobbik szülő teljesítményét.

A keményítő- és az ezerszemtömegre nézve jelentkezett a hibridvigor, amiből arra következtettem, hogy nemesítéssel számottevően növelhető a keményítőtartalom.

RODRIGUES, 2006 az átlagos heterózis jelentős hatással volt a szemtermésre, és függött **VASAL et al., 1993** a populációban jelen lévő domináns hatástól és a géngyakoriságtól. A kísérlet alapján meggyőződtem arról, hogy a $I26 \times S_1$ és az $S_4 \times S_6$ kétvonalas kukoricahibridek a nagy ezerszemtömegük és keményítőtartalmuk miatt alkalmasak voltak arra, hogy kiváló alapanyagot szolgáltatassanak a bioetanol-gyártáshoz. Az $S_4 \times S_6$ hibrid mindkét szülő teljesítményét felülmúlta a keményítőtartalomban (heterózis: 6,46%; heterobeltiózis: 2,44%) és az ezerszemtömegben is a legnagyobb hibridfőlényt tapasztaltam (heterózis: 44,90%; heterobeltiózis: 42,66%). A hibridek fehérjetartalmában nem érvényesült a hibridvigor. **SINGH, 2009** magas szülői heterózishatás tapasztalható a $GEM \times Mo17$ keresztezések esetén a keményítőtartalomnál és az alacsony a fehérjetartalomnál. A jövőben a kukorica perspektivikus alapanyaga a bioetanol-előállításnak, mert nagyok az átlaghozamok, a hibridjeink keményítőtartalma magas, és a szemtermés jól tárolható.

4.2.4. A cirok morfo-fenometriai tulajdonságainak elemzése

A restorer cirokvonalak morfológiai leírását végeztem el az 1989. 10. 6. TG 122 UPOV vizsgálati irányelveknek megfelelően. **BARABÁS, 1958** tanulmányai alapján a szárátmérő és az érésidő alapján a vonalakat két csoportra osztottam: a szárátmérője alapján a „vastag-nagyon vastag” csoportba tartoztak, és a bugamegjelenés időpontja alapján a „közepes-késői” kategóriába sorolhatók voltak az RL_9 és az RL_{18} és az RL_{15} , RL_{16} vonalak. Ezek a genotípusok nagyobb mennyiségű szárlevet termeltek, alacsonyabb cukortartalommal.

A szárátmérője alapján a „kicsi-közepes” csoportba tartoztak és a bugamegjelenés időpontja alapján a „korai-közepes” kategóriába sorolhatók voltak az RL_3 , RL_4 , RL_7 , RL_{10} , RL_{11} , RL_{12} vonalak. Ezek a vonalak kevesebb mennyiségű szárlevet termeltek, magasabb cukortartalommal. Tömött bugával rendelkeztek a következő vonalak: RL_{11} , RL_{12} , RL_{15} , RL_{16} . Közepesen tömött bugát felvételeztem a következőknél: RL_3 , RL_4 , RL_7 , RL_9 , RL_{10} . Az RL_{18} vonalnak laza bugája volt.

A cirokgenotípusok internódium tulajdonságainak felvételezése lényeges a nemesítési célkitűzéskor. **KOVÁCS et al., 2011** bioetanol-előállítására alkalmazott restorer vonalak lényeges internódium tulajdonságai a következők: vastag szárátmérő, rövid szártag, nagy internódium tömeg, nedves szárbél karakter.

A szirupkészítéshez a szártaggal szemben támasztott nemesítési célkitűzések a következők: „hosszú, közepes” vastagságú internódium, „kicsi-közepes” szárátmérő, „magas” kategóriába tartozó növénymagasság.

A cirokszár bélparenchyma sejtjei **DOLCIOTTI et al., 1998** szacharózt (43,6-58,2%), míg a kéreg cellulózt- és hemicellulózt (22,6-47,8%) tartalmazott. Az internódiumok tömege, hossza és átmérője meghatározta a nemesítési célkitűzést. A vizsgálatba bevont RL_{15} és RL_{16} internódiumának tömege növekedett az első szártagtól az 5. szártagig.

Szintén az 5. szártag hossza volt a legnagyobb mindkét vonalnál (RL_{15} : 25,16 cm; RL_{16} : 37,16 cm). Ebből arra következtettem, hogy hosszú vékony internódiummal rendelkeztek a restorer vonalaink. A vizsgált cirokvonalak a további kísérletek szempontjából perspektivikusak, mert rendelkeztek a présnedv kedvező beltartalmi paramétereikhez szükséges internódium hosszúsággal és darabszámmal, amely kialakította a „magas” kategóriába sorolható növénymagasságot. A szárátmérőjük „vastag-nagyon vastag” volt, aminek köszönhetően a szárbél nagy mennyiségű erjeszthető szárlevet tartalmazott (**ERDEI és PEPÓ, 2008 a**). A restorer vonalakat és a hímsteril anyavonalakat a **COMSTOCK-ROBINSON, 1952** modell alapján felhasználtam bioetanol-előállításra alkalmas hibridnemesítéshez (**MURTY, 1995**).

A hibridvigor a következő tulajdonságokban nyilvánult meg: szárátmérő, szártagok száma, szártömeg, a szár ízközeinek hosszúsága, növénymagasság, a lé mennyisége, etanol- kihozatal.

Megállapítottam, hogy a vizsgált cirokhibridjeink ($SL_1 \times RL_{12}$, $SL_2 \times RL_{12}$) szártagjának tömege és átmérője a 4. internódiumig növekedett ($SL_1 \times RL_{12}$: 46,53 g, 1,40 cm; $SL_2 \times RL_{12}$: 65,20 g, 1,68 cm) Szoros pozitív szignifikáns kapcsolatot találtam a szártag tömege és átmérője között. A vizsgálat során megállapítottam, hogy a középső internódiumok mennyiségi tulajdonságai a legnagyobbak, továbbá ezekben a szártagokban mértem a legmagasabb refrakciósázalékot is. A kétvonalas hibrid előállításnál a következő nemesítési célkitűzéseink teljesültek: nedves szárbél karakter, „vastag-nagyon vastag” szárátmérő, nagy mennyiségű szárlé nagy tömegű középső szártag (**ERDEI et al., 2009**).

A szár két részből épült fel, mégpedig külső támasztószövetből, amely magas cellulóz- és igen alacsony erjeszthető cukortartalmú (0,51%). A belső szivacszerű bélrészből, amely 14% száraz rostanyagot és 86% levet és benne 15-17% erjeszthető cukrot tartalmazott (**FECZÁK, 2006**).

A szárátmérő nagyságát meghatározta az évjáráthatás. A hibridek közül a hosszabb tenyészidejű genotípusoknak vastagabb a száruk. A cirok szárátmérője és a szárdőlés között nagyon szoros negatív összefüggés volt. A szárátmérő egy nagyon fontos szelekciós szempont a szárszilárdságra való nemesítésben, mert pozitív kapcsolatban volt a kéregellenállással.

4.2.5. A cirkok refrakciósázalék (átlag, medián) alapján történő jellemzése, a szárlé minőségi mutatóinak bemutatása és az etanol kihozatal értékelése

A restorer cirokvonalakat és a hibrideket az internódiumok darabszáma alapján csoportokra osztottam (7, 8, 10, 11 internódiumos csoportok). Megállapítottam, hogy a Brix-skála értéke lineárisan emelkedett a holtérés fenofázisáig. A cirokszárban a cukortartalom sokáig elraktározódott. Az első fagyok hatására a szár vizenyőssé vált, aminek hatására minimálisra csökkent a cukortartalom. A 7 és a 8 szártaggal rendelkező restorer vonalak rövid vegetációs idejűek voltak. A kontrollként megjelölt RL_{12} vonal mindkét vizsgálati évben a legmagasabb refrakciós cukortartalmat mutatta (10,33-22,35% 2009-ben); (10,69-21,78% 2010-ben). A 8 szártagos genotípusoknak volt a legtöbb esetben igazolható hatása a refrakciósázalékra.

Az RL_4 és az RL_{11} vékonyabb szárú, kisebb habitusú volt, ezért elsősorban szirupkészítésre ajánlott. A 11 szártaggal rendelkező restorer vonalak (RL_9 , RL_{18}) vastag szárral rendelkeztek, nagyobb mennyiségű levét termeltek, és kevesebb volt a szár refrakciós szárazanyag-tartalma (RL_9 : 15,88% 2009-ben); (RL_{18} : 17,01% 2010-ben). A restorer apavonalakat szelekció után hibrid-előállításra használtam fel, mert megfeleltek a nemesítési célkitűzéseinknek: nedves szárbél karakter, közepes-vastag szárátmérő, magas Brix-érték.

A tenyészidő fontos értékmérő tulajdonság, szoros összefüggésben volt a betakarításkori beltartalommal, cukortartalommal. A tenyészidőt a virágzási idővel jellemeztük. A korai tenyészidejű cirokhibridek produktivitása kicsi, és hamar lecsökkent a szárban a cukor mennyisége és megnőtt a rosttartalom (elfásodott). Korai hibridek voltak például a következők: $SL_1 \times RL_{10}$, $SL_1 \times RL_4$, $SL_2 \times RL_4$, és a kontroll növények közül a *Monori édes*. Az elhúzódó tenyészidő következtében az első fagyok lecsökkenthetik a beltartalmi értékeket, és bizonytalan lehet a betakarítás. Késői tenyészidejű hibridek voltak a következők: $SL_4 \times RL_{18}$, $SL_5 \times RL_9$, $SL_5 \times RL_{18}$. A különböző tenyészidejű típusok különböző cukor- akkumulációs folyamatokat mutattak.

A lé cukortartalma a rövid vegetációs periódusú édes cirkokban szeptember végén hozta a maximum Brix-értéket, a hosszú tenyészidejű édes cirkok azonban lineárisan növekvő cukortartalmat mutattak október végéig. Ezt a megállapításomat igazolta **BLASKÓ et al., 2008** a kísérletében, a rövid vegetációs periódusú cirokhibridek (*Róna*, *Monori édes*) szeptemberben érték el a maximális cukortartalmukat. A hosszú vegetációs periódusú cirokhibrid (*Cellu édes*) október végéig lineárisan növekvő cukortartalmat mutatott.

A refrakciósázalékok mediánja lehetőséget nyújtott a különböző internódium számú cirkok refraktométeres szárazanyag-tartalma alapján történő összehasonlítására. A refrakciósázalékok mediánja a számtani átlag körül helyezkedett el. A vonalak között igazolható különbséget találtam a refrakciósázalék tekintetében mindkét vizsgálati évben (2009, 2010) minden fenofázisban. Az RL_{16} minden fenofázisában magasabb volt a refrakciósázalék mediánértéke, mint az RL_{10} vonalé. A kontroll RL_{12} szintén a legmagasabb refrakciósázalékot mutatta a középső szártagban (10,61-22,50% 2010-ben). A vastag internódiummal rendelkező 11 internódiumos vonalak közül a 6. szártagban az RL_9 -nek magasabb volt a Brix-skála értéke 2009-ben (7,12-16,33%).

Az $SL_1 \times RL_{12}$ hibrid a virágzástól a teljesérésig lineárisan növekvő cukor akkumulációs folyamatot mutatott (10,77-19,00% 2009-ben; 5,21-21,33% 2010-ben). A magas refrakció-sázalék alacsonyabb lékihozattal kapcsolt minőségi tulajdonság. A hibrideknek jelentős hatása volt a refrakciósázalékok mediánjaira nézve.

Az $SL_1 \times RL_{12}$ magas refrakciós cukortartalmat mutatott a viaszéréstől a teljesérésig. **ANTAL et al., 2008** a nyolc hosszú vegetációs idejű cukorcirkok-hibridet vizsgált, amelyeknek a refrakciós cukortartalma augusztus végén érte el a 18 %-ot. A *ZKR-295* és a *ZKR-162* cukortartalma augusztus 10-én 19-20%-ot ért el. A karcagi nemesítésű hibridek az $SL_1 \times RL_{12}$ -höz hasonlóan szintén magas refrakciós cukortartalommal rendelkeztek.

Az első internódiumtól a szár közepéig fokozatosan emelkedett a refrakciós cukortartalom. Az utolsó szártagban csökkenést tapasztaltam. Ezt a megállapításomat igazolta **ANTAL et al., 2008** a vizsgálata, amely alapján a 3. és a 4. szártag refrakciósázaléka volt a legmagasabb. **KRISHNAVENI et al., 1984** mérései alátámasztották azt a megállapításomat, hogy egyes vonalaknál a 4. és a 6. szártagban találtam a legtöbb refrakciós cukrot. A vizsgált genotípusok tekintetében arra a következtetésre jutottam, hogy különböző szártagokban mérhető a legmagasabb refrakciós cukortartalom (RL_{15}). A restorer vonalak (RL_{15} , RL_{16}) középső szártagjainak parenchyma sejtjeiben elsősorban szacharózt találtam, amelyből az éréshez közeledve keményítő képződött.

A vegetációs időszak végén tapasztalt Brix-érték csökkenés a keményítő szintézissel és az első fagyok beálltával magyarázható. **ANTAL et al., 2008 b** ZKR-295 cukorcirok-hibrid folyamatosan növekvő cukortartalmat mutatott, és a ZKR-1999 cukortartalma szeptemberig növekedett és a maximum érték elérése után csökkenést mutatott. A cukortartalmat a 3. 4. internódiumokban mérték. Esetemben az irodalmakhoz hasonlóan a növény aljától a csúcsáig szintén refrakciósázalék-csökkenést figyeltem meg, amelyet azzal magyaráztam, hogy a növény szárlevéből a szemtermésbe vízzoldható cukrok fluktuáltak, és keményítő formájában tartaléktápanyagot képeztek. Az RL_{16} vonal viaszásában a 4. szártágban 16,83%-os refrakciós cukrot mértem. A teljesérésben az 5. szártágban 18,73%-os refrakciós cukrot állapítottam meg.

Az $SL_1 \times RL_{12}$ és az $SL_2 \times RL_{12}$ hibridek esetében a mennyiségi és a minőségi tulajdonságoknál hibridvigort tapasztaltam a szülői vonalakhoz képest. Mindkét hibrid közepes szárhosszúsággal és közepes internódium átmérővel rendelkezett, nagyobb volt a növényi tömege és a szárlé mennyisége valamint a szárlé refraktométeres cukortartalma. Mindkét hibrid esetében magasabb refrakció%-ot mértem a kontroll hibridhez képest. A kísérlet elemzése során megállapítottam, hogy a rövid vegetációs idejű hibridek alkalmasabbak voltak a léből történő alkoholgyártásra, mert ebben az esetben kevesebb energia szükséges a biomassa szállításához és a préseléséhez. A hosszú vegetációs periódusú hibridek esetében sokkal magasabb volt a bagaszhozam.

Mindkét évben folyamatosan növekvő cukor-akkumulációt tapasztaltam a virágzástól a teljesérésig: 10,65-18,74% 2009-ben és 5,28-20,95% 2010-ben. Az $SL_1 \times RL_{12}$ 5. internódiumának sejtjeiben 19,83%-os refrakciós cukrot mértem. Az $SL_2 \times RL_{12}$ 4. szártágjában találtam a legmagasabb Brix-értéket (19,00% a teljesérésben).

SMILOVENKO és POIDA, 1999 kísérleteit alátámasztva megállapítottam, hogy a refrakciósázalék alapján a „jó minősítésű” hibridek intervallum értékei 17,05-18,33%-ig terjedtek. A legkisebb Brix-értéket az $SL_5 \times RL_9$ érte el. A legnagyobb Brix-értéket az $SL_2 \times RL_{11}$ hibridnél tapasztaltam.

A vizsgált genotípusok összes cukortartalmának határértékei 3,93-11,81%-ig változtak. A legkevesebb összes cukrot mértem az $SL_3 \times RL_4$ hibrid parenchyma sejtjeiben. A legtöbb összecukor az $SL_2 \times RL_{12}$ szárlevében volt. A teljeséréskor a szárlében a glükózt és a fruktózt egyenlő mennyiségben találtam. Az összes cukortartalmat elsősorban meghatározta a genotípus és az időjárás. A nagy mennyiségű csapadék és a hűvös időjárás hatására a növények bőséges mennyiségű szárlevet és alacsony cukortartalmat produkáltak.

A cirokszárle legfontosabb minőségi tulajdonságai közé tartozott a refrakciós- és az összes cukortartalom, a redukáló- és a nem-redukáló cukortartalom. A szakirodalmak alapján a cirokszárle szárazanyag-tartalmának 73,85-87,37%-át tette ki az összes cukor. Az átlagos összes cukortartalmából képzett főátlag értéke növekedett a teljesérésig (9,33-18,10%). Az összes cukortartalom változása szorosan követi a refrakciósázalék alakulását ($r=0,926^{**}$). **KOVÁCS et al., 2011** méréseihez analóg módon arra a következtetésre jutottam, hogy a szacharóztartalom szorosan korrelál a teljes cukortartalommal. **ERDEI és PEPÓ, 2008 c** korábbi kísérletei szintén azt igazolták, hogy a cirokszárban található refrakciósázalék és a vízdoldható cukortartalom alakulása között szoros pozitív korreláció volt ($R^2=0,8348$). A mért adatokra illeszthető egy lineáris regressziós egyenes, amelynek a képlete a következő: $y=0,9751 x -3,1398$.

A vizsgált vonalak redukáló cukortartalmának főátlag értékei a teljeséréshez közeledve csökkentek (2,08-1,52%), a viaszérésben érték el a legmagasabb értéket. A redukáló cukrok mennyisége is csökken a teljesérés fenofázisához közeledve, mert a maltóz molekulákból keményítő képződött. Az RL_{18} vonalnál 4,11% a redukáló cukortartalom, míg az teljesérésre csökkent 2,23%-ra. Ezt a megállapításomat támasztotta alá **JADHAV et al., 1994**-ben elvégzett vizsgálata, amely szerint a redukáló cukortartalom 75-120 napig csökkent (az éréshez közeledve). A redukáló cukor 0,71 g/100 g frisstömeg mennyiséget mutatott az *SSV-7073* cirokhibridnél. A nem-redukáló cukortartalom a legmagasabb mennyiséget a *RIO*-hibridnél mutatta (1,64 g/100 g). A kísérletemhez a nem-redukáló cukortartalmat az összes cukor és a redukáló cukor különbségéből határoztam meg **CHANNAPPAGUDAR et al., 2007** számítása alapján.

Az esetemben a vonalaknál az összes szárazanyagon belül az összes cukortartalom intervallum értéke 61,66-87,60%-ig változott. A vegetációs periódus kezdetén a glükóz dominált a fruktózzal szemben, a teljeséréshez közeledve ez az arány megfordult. A cukorcirok parenchyma sejtjeinek szárazanyag-tartalmában 71,00%-ban található vízdoldható cukrok, amelynek 90-95%-a szacharóz és 5-10%-a glükóz. A refrakcióban 4,69-15,89%-ig terjedt a redukáló cukrok mennyisége. A fent említett mutatók fontos szelekciós szempontok lehetnek a restorer vonalak kiválasztásánál.

4.2.6. A cirok szemtermés beltartalma és heterózisok

A szemescirok hibrideket bioetanol-előállítás céljára nemesítettem. A cirok szemtermésből szintén készülhet bioetanol, mert magas a keményítőtartalma (48,37-62,63%). A területegységenként kinyerhető legnagyobb etanol kihozatal komponensei a magas termőképesség, az ezerszemtömeg és a magas keményítőtartalom.

A vizsgált cirokhibridek esetében pozitív átlagos heteróvizist tapasztaltam a keményítőtartalomra nézve. A keményítőtartalom tekintetében az $SL_1 \times RL_7$ hibrid mindkét szülő átlagát 21,7%-kal múlta felül. Az ezerszemtömeg tekintetében viszont a hibridek közül az $SL_1 \times RL_7$ esetében számoltam negatív heteróvizist (-12,47%).

DONOUGH és ROONEY, 2007 és HICKS et al., 2002 szoros negatív összefüggést talált a cirokmag fehérjéje- és a keményítőtartalma között ($r=-0,923$). Esetemben a cirokmag keményítője és fehérjéje között a vonalaknál ($r=-0,940^{**}$) és a hibrideknél is ($r=-0,958^{**}$) szoros negatív korreláció fordult elő.

4.2.7. Mutációs nemzedékek eredményei

A klorofill mutációk kiváltására különböző hatékonyságú kémiai és fizikai mutagén faktorokat alkalmaztak **BOZZINI és MUGNOZZA, 2003** (diethyl-szulfát, etil-metil szulfonát). A gyors neutron sugárzás jelentős genetikai affinitással rendelkezett a klorofill mutációk kiváltásában. Ez a mutagén nagymértékben hatott a DNS-struktúrára azáltal, hogy a radioaktív anyagok sűrűbb ionizációt okoztak az élő szervezetben (**PEPÓ és TÓTH, 1999**). 12,5 Gy dózissal besugárzott M_1 -állományban a mezőgazdaság számára kedvezőtlen mutánsokat kaptam. Az improduktív bugaképződés következtében jelentkező csökkent fertilitású **BHASKARA és REDDI, 1975** és steril bugák miatt alacsony volt a Harvest index. Agronómiailag hasznos mutánsokat a 7,5 Gy és a 10 Gy sugárdózisoknál detektáltam, a kontroll egyedekhez képest 1-2 nappal hamarabb keltek ki, a fokozott produktív bugákat hozó sarjak miatt az összes levélterület index növekedett, amely kedvező irányba befolyásolta a képződött asszimiláták mennyiségét. A kontroll egyedek levélterület indexe alacsonyabb volt ($2,14 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$). **BARABÁS, 1962** kolchicinnel részben genommutációkat, részben génmutációkat (morfológiai változások, sterilítások) váltott ki.

A M_2 -nemzedékben megfigyelt klorofill defektusos albínó csíranövényekből indukált kallusz növekedésnek indult. Az M_2 -nemzedékben a sugárzás fenotípusosan megjelenő klorofill defektusokat eredményezett (**RAMULU és RANGASAMY, 1972**). **LIANG és KOFOID, 1998** klorofill hiányos tulajdonság egy transzpozíciós genetikai rendszer hatásának eredménye.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

5.1. A brown midrib kukoricahibridek általános jellemzői

A fentiek ismeretében külön is jellemeztem a vizsgálataimban szereplő brown midrib típusú silókukorica-hibrideket, kiegészítve a korábbi irodalomban talált megállapításokkal (GYULAVÁRI et al., 2003 a.; GYULAVÁRI és MÁTHÉNÉ GÁSPÁR, 1990). Ezek alapján a brown midrib hibridekre általánosan jellemző tulajdonságok a következők:

- **morfológiai:** korai fenológiai stádiumban takaríthatók be (ZUBER et al., 1977), változatos levélállás („felálló”, „közepes” és „szétterülő”), a címer főtengele és az oldalágak közötti közepes szög, bőséges pollentermelő képesség, (LECHTENBERG et al., 1972) a levélér, a szár és a szemtermés barna pigmentáltsága, BOON et al., 2005 a szár alsó részén található vastagabb szövetek.
- **fenometriai:** a csőeredés aránya kicsi a növénymagassághoz képest, a növények a magasságuk alapján a „magas” kategóriába tartoztak, egyes hibrideknél magas a csőeredés (*SzeTC465 bm₃*), és kisebb a cső feletti szár aránya, míg előfordultak a nagyon alacsony csőeredésű hibridek is (*GK49 bm₃ x GK42 bm₃*), ahol nagyobb a cső feletti szár aránya, rövid csőhossz, GYULAVÁRI et al., 2003 b nagyobb levél- és szártömeg, nagy az internódium tömege és átmérője a cső alatt.
- **agronómiai:** átlagos kezdeti fejlődés, közép-korai virágzás, (GYULAVÁRI et al., 2012) ellenállóság a fuzáriumos csőpenészedéssel és molyfogékonysággal szemben, (PINTÉR és NÉMETH (1981) a kukorica állóképessége és lignintartalma között nincs összefüggés, szármegdőlés nem jellemző az állományra,
- **termés:** alacsony a csőtömeg, ami összefügghet a TÓTHNÉ ZSUBORI et al., 2010 „sima” típusú szemterméssel és a rövidebb csőhosszal, (LEE és BREWBACKER 1984; BARRIERE et al., 1998 csökkent mennyiségű szemtermés jellemezte a genotípusokat
- **beltartalom:** BARNES et al., 1971, COLENBRANDER et al., 1973, EL-TEKRIT et al., 1976, BEDŐ és SZILVA, 1982 könnyű emészthetőség az alacsony lignintartalomnak köszönhetően, magas nyersfehérje-tartalom és ideális aminosav-összetétel, BAL és BAL, 2009; METHU et al., 2001 szerint a levelek nyersfehérjetartalma volt a legmagasabb, optimális betakarításkori szárazanyag-tartalom, a cső- és a szecska detergens rosttartalma a legalacsonyabb, LAUER et al., 2001 nemesítéssel javítható a szárfrakció minősége.

5.2. A cukorcirok-hibridek általános jellemzői

A vizsgálataim eredménye megegyezett az irodalmakban található kimutatásokkal és a korábbi saját adataimmal (ERDEI és PEPŐ, 2008 a, ERDEI és PEPŐ, 2008 c; ERDEI et al., 2009). Ennek alapján a cukorcirok általános jellemzői az alábbiak voltak:

- **morfológiai:** középkorai tenyészidő (CHRAPPÁN és FAZEKAS, 2004), jól alkalmazkodtak a hazai klimatikus viszonyokhoz, széles genetikai alapanyagbázissal rendelkeztek, (nagy zöldtermés, széles levelek, míg előfordultak gyengén bokrosodó keskeny levelű hibridek is, a levelesség foka 18-nál több volt, (BARABÁS és BÁNYAI, 1965, a rövid vegetációs idejű hibridek levélszáma kevés, míg a hosszú tenyészidejűek sok levéllel rendelkeztek, „magas-nagyon magas” kategóriába tartoztak és nedves szárbél karakterrel rendelkeztek.
- **fenometriai:** kedvező levél-szár arány, a szárátmérő széles határok között változott (vékony-vastag), nagy tömegű, rövid internódiumok és hosszú, vékony kis tömegű szártagok jellemezték a cirokhibrideket.
- **beltartalom:** a vegetációs időszak előrehaladtával lineárisan emelkedett a refrakciósázalék és ezzel párhuzamosan az összes cukortartalom is (PÁL és RAJKI, 2010; VOCA et al., 2007), a teljesérésben csökkenő redukáló cukortartalom jellemezte a genotípusokat, a szemtermés keményítőben gazdag, fehérjében szegény volt és az ezerszemtömeg is nagy volt, (BULAWAYO et al., 1996) kedvező értéket mutatott a hibridek alkohol kihozatali értéke, CHANNAPPAGAUDAR et al., 2007 a középső szártagok bélszövetében találtam a legmagasabb refrakciós cukrot.

5.3. A genotípus hatása az egyes tulajdonságokra

A genotípusok hatását a vizsgált tulajdonságokra az egytényezős varianciaanalízis módszerével határoztam meg. A t-próbával a génhatást vizsgáltam a detergensrost összetevőkre. A dózisok és a genotípusok hatását az egyes fenometriai tulajdonságokra kéttényezős varianciaanalízissel mutattam ki (SZŰCS, 2002).

Megállapítottam, hogy a brown midrib és az izogén kukorica genotípusok között jelentős eltérés volt minden fenometriai tulajdonságban (növénymagasság, csőeredési magasság, csőhossz, csőtömeg és az internódiumok hossza, tömege valamint átmérője). A hűvösebb, csapadékosabb évben a szár, és azon belül is a cső alatti szárrész aránya jelentősen nagyobb értékeket ért el, mint a többi évben, ennek hatására nőtt a zöldtermés is.

A növényi részek arányának alakulására a genotípus nagyobb hatást gyakorolt (TÓTHNÉ ZSUBORI et al., 2005). A vizsgált kukoricahibrideknek, cirokhibrideknek és a vegyes vetésű kombinációknak jelentős hatása volt az esszenciális aminosavakra (lizin, metionin, cisztein)(WATSON és RAMSTADT, 1991). A genotípusnak sok esetben nem mutattam ki szignifikáns hatását az aminosavakra. A *bm₃* génnek is igazolható hatását számoltam az ADF, ADL, és az NDF-tartalomra (GYULAVÁRI és MÁTHÉNÉ GÁSPÁR, 1990). A *GK49 bm₃* cső, szár, szecska ADL-tartalma szignifikánsan alacsonyabb értéket mutatott, mint a *GK49 izogén* ugyanazon növényi részeinek ADL-tartalma. Az *SzeTC 465 bm₃* szecskájának ADF- és NDF-tartalma is szignifikánsan alacsonyabb érték jellemezte, mint az *SzeTC 465* ADF- és NDF-tartalma. A vegyes vetésű kombinációk közül a *Monori édes+SzeTC 465 bm₃* és a *Róna+SzeTC 465 bm₃* kombinációk különböztek szignifikánsan a nyersrosttartalomban az izogén partnereiktől. A genetikai determináltsággal magyaráztam a brown midrib kukoricahibridek alacsonyabb lignintartalmát.

A cirokkísérletből azt a következtetést vontam le, hogy a cirok genotípusoknak (vonalak, hibridek) igazolható hatása volt a szártagok hosszára és átmérőjére valamint az ezerszemtömegére. A szárlé minőségi tulajdonságaira szignifikánsan hatott a genotípus és a környezet is. Az egyes genotípusoknak kimutattam a hatását az internódiumok refrakciós cukortartalmára, de sok esetben nem találtam szignifikáns különbséget a szártagok Brix-értéke között. A parenchymasejtek refrakciós cukortartalma magas h^2 -el öröklődött és, genetikai meghatározottságot figyeltem meg. PEPÓ és ERDEI, 2007 a mutációs kísérletében a dózisonak és a genotípusnak is szignifikáns hatását figyelte meg minden fenometria tulajdonságra (növénymagasság, bugahossz, bugaoldalágának száma, ezerszemtömeg, szemtermés, Harvest index).

5.4. A tulajdonságok közötti összefüggések

Az agronómiai és a morfológiai tulajdonságok a beltartalmat és az emészthetőséget közvetlenül nem befolyásolták. Statisztikailag igazolható szignifikáns összefüggést az internódiumok tömege és átmérője között és a detergens rostfrakciók között valamint a (ERDEI és PEPÓ, 2008 c) szárlé összes- és nem-redukáló cukortartalma között találtam. A szemtermés keményítőtartalma és ezerszemtömege között is írtam le korrelációt. Ezek az összefüggések pozitívak, és a szakirodalmi adatokkal megegyeztek. Továbbá szoros pozitív szignifikáns korrelációt találtam a metionin és az alanin, valamint a lizin és az izoleucin között.

A keményítő- és a nyersfehérje-tartalom között **YULING et al., 2009 b; ERDEI et al., 2010 a** valamint a szárazanyag-tartalom és a detergens rostfrakciók között szoros negatív szignifikáns korrelációt számoltam.

A fenometriai tulajdonságok közül a csőtömegnél és a csőeredési magasságnál valamint a keményítő- és az ezerszemtömegre nézve pozitív heterózis mutatkozott. A beltartalmi tulajdonságok hatással voltak az emészthetőségre, a legtöbb szilázs minőséget jellemző tulajdonság közötti összefüggés azonban nem volt statisztikailag igazolható csak a nyersrost- és a lignintartalom esetében. A hagyományos hibridekből készült szilázs emészthetőségét a lignin negatív irányba befolyásolta. A legjobb emészthetőséggel rendelkező hibridek nyersfehérjetartalomban gazdag volt, vagyis a nagy nyersfehérje-tartalom kedvező az emészthetőség szempontjából. A brown midrib kukoricából készült szecska egyes növényi részeinek beltartalma közötti különbség nagyobb értéket ért el, mint a hibridek közötti különbség a beltartalomban. A csőben és a szárban (cső alatti szár) mértem a legkevesebb lignint. A csőtermés szegényebb volt ligninben (**TÓTHNÉ ZSUBORI, 2011 b**) mint a szár. Szintén a csőtermés tartalmazta a legkevesebb neutrális detergens- és savdetergens rostot. A levelekben mértem a legtöbb nyersfehérjét. Ezek alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a cső alatti szárrész arányának csökkentése és a cső feletti levelek arányának növelése a hibridkukoricákban eredményezhet jobb emészthetőséget. A szilázs beltartalmi tulajdonságai javíthatók brown midrib kukoricahibridekkel **COX és CHERNEY, 2001** nemesítésével, ezeknek a mutánsoknak a **BARRIÈRE et al., 1994** szecskája is kevesebb lignint tartalmazott.

Összességében megállapítottam, hogy a *GK49 bm₃* cső, szecska és szár lignintartalma kevesebb volt, mint a *GK49 izogén* vonal ugyanazon növényi részeinek ADL-tartalma. Az *SzeTC 465 bm₃* szecskájának ADF- és NDF-tartalma szintén jelentősen alacsonyabb értékeket mutatott, mint az *SzeTC 465 izogén* hibrid ADF- és NDF- tartalma. Mivel az egyes növényi részek összetétele ennyire eltérő, feltételezhetően azok szárazanyagon belüli részarányának megváltoztatásával befolyásolni lehetett a teljes növény beltartalmát. Az egyes növényi részek arányának megváltoztatása azonban nem hatott az emészthetőségre, azok beltartalmát és emészthetőségi tulajdonságait külön-külön is javítani kellett. A hibridek minőségjavítása történhet a lignintartalom csökkentésével, **ANDREWS et al., 2000** levelek számának növelésével, **SAMÍR et al., 1999** a szár cukortartalmának javításával és az aminosav-összetétel megváltoztatásával. Ezeket a tulajdonságokat keresztezéssel és mutációs nemesítéssel lehetett elérni.

5.5. A szilázs minőségét meghatározó tulajdonságok kiválasztása

A jó emészthetőség tekinthető a legfontosabb tulajdonságnak a silókukorica esetében. Az emészthetőséget az agronómiai és a morfológiai tulajdonságok kevésbé befolyásolták, mint a beltartalom (TÓTHNÉ ZSUBORI, 2011 b). A morfológiai tulajdonságok közül lényegesnek tartottam a kukorica levélállását. A „felálló” levelű silókukorica-hibrid fotoszintetikus aktivitása nagyobbak mutatkozott, ezért több szénhidrátot épített a szárba és a levelekbe a növény. A jó minőségű kukorica esetében a szár részaránya kisebb arányt ért el a növényi szárazanyagban, mint a levelek és a cső részaránya. A cső alatti szár rész vastagabb és ligninben gazdagabb volt, mint a cső feletti szár rész. Nemesítési célkitűzés lehet a szár átmérőjének és a kéregnek a csökkentése. A brown midrib hibridek csőtömege és szemtermése kevesebb volt FRENCHICK et al., 1976, mint a konvencionális hibridek csőtömege és szemtermése. Ezt kompenzálta a nagyobb levél- és szártömeg. A beltartalmi tulajdonságok közül a kitűnő emészthetőséggel rendelkező hibridek nyersfehérjetartalmának magas, nyersrost-, ADF-, NDF- és lignintartalmának alacsonyabb értékeket mutattam ki. A detergens rostfrakciók között szoros pozitív korrelációt igazoltam. A cső alatti szár tartalmazta a legnagyobb mennyiségű lignint, ezért érdemes nagyobb vágási magassággal betakarítani a hibrideket. Szintén célravezető lehet a cső alatti szár rész arányának csökkentése a növényi szárazanyagban. Kedvező lehet a csőtermés és a levelek arányának növelése, mert a levelekben több szénhidrát és a csőben kevés lignin képződik. Ezt a növény morfológiájának megváltoztatásával (csőeredési magasság csökkentésével, brown midrib és leafy hibridek nemesítésével, fehérjében gazdag mutánsvonalak előállításával) lehet elérni.

5.6. A cirokszárle minőségét meghatározó tulajdonságok kiválasztása

A cukorcirok a silócirok egyik hasznosítási iránya. A szára lédús, a szárle 17-22%-os cukrot tartalmaz, ezért kiválóan erjeszthető, bioetanol-gyártásra alkalmas. A cirokszár cukortartalmának intervalluma 13,4-20,2% is lehet (SMILOVENKO és POIDA, 1999). A középső ízközök parenchyma sejtjeiben magasabb refrakciószázalék értékeket mért (KRISHNAVENI et al., 1984) mint a szár többi részén. A szárle 82-87%-át szacharóz, glükóz és fruktóz alkotta. A ciroklé fermentálását *Saccharomyces cerevisiae* élesztőgombával végeztem (BVOCHORA et al., 2000). A 15%-os Brix-értéket mutató cirokléből 6,47 V/V%-os etanol erjedt. A bioetanol-előállítás céljaira nemesített háromvonalas hibridjeimet a felhasználási célnak megfelelően két csoportra osztottam.

Az egyik kategóriába tartoztak azok a hibrdek, amelyek nagy növénymagassággal és vastag szárátmérővel rendelkeztek, a szárlé mennyisége nagyobb volt, ezzel ellentétben a refrakciósázalék alacsonyabb értéket ért el. Ezek a hibrdek a következők: $SL_5 \times RL_{10}$, $SL_5 \times RL_3$, $SL_4 \times RL_{18}$, $SL_5 \times RL_9$, $SL_5 \times RL_{18}$. A legmagasabb Brix-értéket mutatott (20,62%) az $SL_5 \times RL_3$. A másik kategóriába tartoztak az alacsonyabb növénymagassággal rendelkező cirokhibrdek, amelyek vékonyabb szárátmérővel és kevesebb szárlé mennyiséggel rendelkeztek de a refrakciósázalékuk magasabb volt mint az első csoportba tartozó hibrdeké. Ebbe a csoportba soroltam a következő hibrdek: $SL_1 \times RL_4$, $SL_1 \times RL_{12}$, $SL_2 \times RL_{12}$. A legmagasabb refrakciósázalék értéket mértem a teljesérésben az $SL_1 \times RL_{12}$ -nek. Az $SL_2 \times RL_{12}$ hibrid 4. internódiumában mértem a legmagasabb cukortartalmat, amely 19,00%-os volt. A minőségi tulajdonságok egymáshoz viszonyított aránya kedvező tulajdonságokat mutatott. Az $SL_2 \times RL_{12}$ hibridnél a refrakciósázaléknak 67,83%-a volt az összes cukor és az összes cukornak 94,5%-át tette ki a redukáló cukor.

6. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Munkám során az alábbiakban felsorolt eredményeket tekintem új tudományos eredménynek:

1. Összefüggéseket találtam az alábbi minőségi tulajdonságok között:
 - internódiumok tömege és átmérője: $GK49\ bm_3 \times GK42\ bm_3$ ($r=0,914^{**}$);
 $SL_1 \times RL_{12}$ ($r=0,801^{**}$), RL_{16} ($r=0,836^{**}$);
 - brown midrib kukoricaszilázs:száranyag-tartalom és NDF ($r=-0,926^{**}$),
szilázs (kukorica, cirok, vegyes) aminosavak: LYS-ILE ($r=0,78^*$);
MET-ALA ($r=0,80^*$); GLN-LEU ($r=0,90^{**}$).
 - $GK43\ bm_3$ vonal szecskájánál: ADL-NDF ($r=0,957^*$),
 - $GK49\ bm_3$ vonal csövénel: ADL-ADF ($r=0,943^*$) és szecskájánál: NDF-ADF ($r=0,979^*$);
 - összes cukortartalom és nem-redukáló cukortartalom: cirokvonalak ($r=0,954^{**}$),
cirokhibridek ($r=0,856^{**}$).

Ilyen összefüggéseket sem a hazai sem a külföldi szakirodalomban nem közöltek még le. A szilázs emészthetőségét leginkább befolyásoló emészthetőségi tényezők között szoros pozitív szignifikáns kapcsolatot találtam, amelyek a következők: nyersrost és az ADL ($r=0,923^{**}$); NDF és az ADF ($r=0,986^*$).

2. A bioetanol készítése szempontjából lényeges keményítő és ezerszemtömegre nézve érvényesült a pozitív heterózis és heterobeltiózis minden kétvonalas kukoricahibridnél. A cirokhibrideknél a pozitív heterózis a keményítőtartalomnál és a bioalkohol-kihozatalnál érvényesült.
3. Összehasonlítottam a vizsgált cirokgenotípusokat a refraktométeres száranyag-tartalmuk szempontjából a teljes vegetációs periódusban. A nemesítési célnak leginkább megfelelő genotípusok az alábbiak voltak:

8 internódiumos: RL_{12} (r.f.%₂₀₀₉=10,33-22,35%, r.f.%₂₀₁₀=10,69-20,95%),

$SL_5 \times RL_{10}$ (r.f.%₂₀₀₉=10,17-17,27%, r.f.%₂₀₁₀=12,15-9,79%);

4. Kifejeztem a szárlé minőségi tulajdonságainak egymáshoz viszonyított százalékos arányát. A kapott adatok alapján értékeltem vizsgált cirokgenotípusokat. A RL_{12} (*Early sumac*) cirok restorer vonal és az $SL_2 \times RL_{12}$ hibrid bizonyult a legkedvezőbbnek a vizsgált genotípusok közül a teljesérésben.

RL_{12} Brix-skála értéke: 20,66%, összes cukortartalom: 18,10%, redukáló cukortartalom: 0,97%, összes cukortartalom/refrakciósázalék: 87,6%, redukáló cukortartalom/refrakció százalék: 4,69%, redukáló cukortartalom/összes cukortartalom: 5,36%,

$SL_2 \times RL_{12}$ Brix-skála értéke: (17,41%), összes cukortartalom: (11,81%), redukáló cukortartalom: (0,65%), összes cukortartalom/refrakciósázalék: (67,83%), redukáló cukortartalom/refrakciósázalék: (3,73%), redukáló cukortartalom/összes cukortartalom: (94,5%).

5. A *Zádor* szemescirok-állományban agronómiailag hasznos mutánsokat a 7,5 Gy és a 10 Gy sugárdózissal kezelt állományban tapasztaltam (produktív bokrosodás, növekvő levélterület index és ezerszemtömeg). A 12,5 Gy állományban nagyobb volt a szemtermés ezerszemtömege a *Zádor*-nak (32,98 g), mint az 5 Gy sugárdózissal kezelt *Zádor*-nak (27,97 g).

7. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK

1. Részletesen jellemeztem a kísérleteimben szereplő silókukorica-hibrideket, köztük két új, saját nemesítésű, brown midrib kukoricahibridet (*GK49 bm₃ x GK42 bm₃*, *GK42 bm₃ x GK43 bm₃*), amelyek energiatakarékosak voltak. A morfo-fenometriai tulajdonságok felvételezését a hibridhatás előrejelzése és a keresztezési partner kiválasztása céljából végeztem.
2. Meghatároztam a különböző növényi részek (levél, cső, szár, szecska) szárazanyagon belüli detergens rosttartalmát és összehasonlítottam a brown midrib és az izogén kukorica genotípusokat a rostfrakcióik alapján. A *GK49 bm₃* cső, szár és szecska ADL-tartalma jelentősen alacsonyabb volt, mint a *GK49 izogén* vonalaké. Az *SzeTC 465 bm₃* szecska ADF-tartalma és NDF-tartalma is szignifikánsan alacsonyabb értéket mutatott, mint a *SzeTC 465* értéke. A *bm₃* génnek szignifikáns hatása volt a genotípusra nézve.
3. Kiválasztottam azokat a tulajdonságokat, amelyek a szilázs (kukorica, cirok, vegyes) minőségét meghatározták. Kedvező az optimális betakarításkori szárazanyag-tartalom, a magas nyersfehérje-tartalom (7,58-9,33%), az alacsony nyersrosttartalom (17,63-27,43%), alacsony detergens rostfrakciók NDF: (40,05-53,01%), ADF: (22,07-30,12%), ADL: (5,03-6,72%).
4. Eredményeim alapján jellemeztem a vizsgált hibrideket. A legalacsonyabb rostfrakciókat az *SzeTC 465 bm₃* hibridnél tapasztaltam, amelyek a következők: nyersrost (17,63%) és detergensrost összetevőket (ADF: 22,07%, ADL: 5,03%). A vegyes vetések közül a *Róna+SzeTC 465 bm₃* kombinációnál találtam a legkedvezőbb emészthetőségi tulajdonságokat, amelyek következők: magasabb nyersfehérje-tartalom (7,98%), alacsonyabb nyersrost (22,75%) és NDF (48,41%).
5. A vizsgált kukoricahibridek közül az *Sze 521* és a *126 x S₁* szilázs mintáiból mutattam ki a legmagasabb esszenciális aminosavtartalmakat (lizin: 4,84 g/100 g fehérje; metionin 2,26 g/100 g fehérje; cisztein: 1,61 g/100 g fehérje). A *Monori édes* hibridnél a legmagasabb volt a metionintartalom értéke (2,18 g/100 g fehérje).
6. Kiválasztottam azokat a paramétereket, amelyek a cirokszárle minőségét meghatározták. Az etanol kihozatal szempontjából lényeges a magas refrakciósázalék, a nagy összes cukortartalom valamint az alacsony redukáló cukortartalom.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

A silókukoricából készült szilázs a magas metabolizálható energiatartalma miatt könnyen emészthető, ezért kitűnő tömegtakarmány az intenzív tejelő szarvasmarha állományok számára. A klimatikus változások hatására és az intenzifikált állati termék előállításához szükség van a szárazságtűrő energia- és takarmánynövények (kukorica, cirok) minőségjavító nemesítésére. A silókukorica-hibridekkel szemben támasztott nemesítési célkitűzés az, hogy a nagy szárazanyaghozam mellett javuljon a szilázs emészthetősége. A minőségjavító nemesítés során a back-cross keresztezés módszerével alacsonyabb lignintartalmat kódoló *bm*-géneket ültetnek be az izogén kukoricavonalakba. A recesszíven öröklődő *bm*-gének a spontán mutáció eredményei. Szintén könnyebben emészthető, magasabb szénhidrátot tartalmazó szilázst eredményeznek az *Lfy*-gént hordozó kukorica-hibridek. A brown midrib és a leafy kukoricahibridek a nemesítésnek egy új irányvonalát képviselik. Az energetikai vetésforgó elemei közé is beilleszthetők a mutáns kukorica-hibridek, mert a kisebb rosttartalmuk miatt jobb a biogázkihozataluk.

A mutáns kukoricahibridek felhasználásával a kukorica szemtermésének fehérjetartalma és aminosav-összetétele is növelhető. A fehérjetartalom csökkentése és a keményítőtartalom növelése a bioetanolgyártás céljára nemesített kukoricahibrideknél lényeges nemesítési célkitűzés. A bioetanol-előállítás céljára nemesített kukorica és cirok low input mezőgazdasági körülmények között termesztendő.

A munkámban elsődlegesen célul tűztem ki a brown midrib és az izogén kukoricák összehasonlítását valamint a hagyományos kukoricák és a silócirkok részletes vizsgálatát. A vizsgálatokat Debrecenben és Kabán kisparcellás kísérletben végeztem, öntözetlen körülmények között 2008-2010 között. A morfológiai (levélállás, címer oldalágak állása, szemtermés színe) és a fenometriai (növény- és csőeredési magasság, csőhossz és csőtömeg, internódiumok tömege, hossza, átmérője, ezerszemtömege) tulajdonságok mellett mértem az emészthetőségi paramétereket (nyersfehérje, nyersrost, detergens rost-frakciók). Vizsgáltam a genotípusok hatását a minőségi tulajdonságokra, a közöttük lévő összefüggéseket (különös tekintettel az emészthetőséget befolyásoló tulajdonságokra és az aminosav-tartalomra, valamint a keményítőtartalomra) és a heterózis mértékét a szülőkhöz viszonyítva.

Megállapítottam, hogy a saját nemesítésű brown midrib kukoricahibridek energiatakarékosak, mert a „felálló” típusú levélállásuk következtében hatékonyabb a fotoszintézisük, és több asszimilátum képződik a növényben.

A genotípusnak hatása volt minden fenometria tulajdonságra (növénymagasság, csőeredési magasság, csőhossz, csőtömeg, internódiumok hossza, tömege, átmérője). Szoros pozitív szignifikáns kapcsolatot találtam az internódiumok tömege és átmérője között. A fenometria tulajdonságok közül a csőtömegnél és a csőeredési magasságnál pozitív heterózis mutatkozott.

A szilázs emészthetőségi tulajdonságait a betakarításkori szárazanyag-tartalom és a nyersfehérje-tartalom pozitívan befolyásolta, míg a nyersrost és a detergens rostfrakciók negatívan hatottak. Az brown midrib és az izogén kukorica genotípusok szilázsmintáinak összehasonlító vizsgálatából megállapítható, hogy a *GK49 bm₃ x GK42 bm₃* hibrid NDF és az ADL-tartalma jelentősen alacsonyabb értéket mutatott, mint az izogén hibrid NDF és ADL-tartalma. A vegyes vetésű kombinációk közül a *Monori édes+SzeTC 465 bm₃* és a *Róna+SzeTC 465 bm₃* különböztek szignifikánsan az izogén partnereiktől a nyersrosttartalomban. A *Róna* cirokhibrid a NDF-tartalma igazolhatóan kisebb volt, mint a *Monori édes* NDF-tartalma. Ezekből a genotípusokból készült szilázs tejsavas erjedésű volt és betakarításukkor elértem az optimális szárazanyag-tartalmat. Ezen kettős termesztési változatok az emészthetőségi tulajdonságaik szempontjából előnyösek és javasolhatók a gyakorlatnak. A detergens rostfrakciók között szoros pozitív szignifikáns kapcsolatot mutatott a Pearson-féle korrelációs együttható, míg a szárazanyag-tartalom és a detergens rostfrakciók között szoros negatív szignifikáns korrelációt számoltam.

A nemzetközi szakirodalom számára is új eredményt közölhetek a szilázsminták aminosav-tartalmának elemzésével. A vizsgált genotípusok egyértelműen hatottak az esszenciális aminosavakra. Továbbá szoros szignifikáns korrelációt találtam a metionin és az alanin között ($r=0,80^*$), valamint a lizin és az izoleucin tartalom között is ($r=0,78^*$). A kísérletbe vont kukoricahibridek közül a legmagasabb metionin-, lizin- és ciszteintartalmat az *Sze 521* és a *126 x S₁* hibridek szilázsmintájában mértem. A cirokhibridek közül a *Monori édes*-nek volt a legmagasabb metionintartalma. Összehasonlító vizsgálatot végeztem a brown midrib és az izogén kukorica genotípusok növényi részeinek detergens rosttartalma alapján. Megállapítottam, hogy a *bm₃* gén hatással volt a rostfrakciókra. A genotípusok közül a *GK49 bm₃* cső, szár, szecska ADL-tartalma jelentősen alacsonyabb volt, mint a *GK49 izogén* ADL-tartalma. Az *SzeTC 465 bm₃* szecska ADF és NDF-tartalma is szignifikánsan alacsonyabb értéket mutatott, mint az *SzeTC 465* ADF és NDF-tartalma.

A PhD-éveket megelőzően előkísérletek keretein belül a szemescirok nemzedékeiben a mutáció hatására bekövetkező változásokat írtam le. Ezek az előkísérletek 2005-2007-ig tartottak.

A vizsgálataimat a cukorcirok teljes körű fenológiai, fenometriai leírásával és minőségi tulajdonságaik elemzésével folytattam. Vizsgáltam az összefüggéseket a tényezők között továbbá a heterózishatás mértékét a cirokszem beltartalmi tulajdonságaira. A méréseket 2007-2010 között végeztem. Mindkét cirokkísérlet beállítására a Debreceni Egyetem Genetikai- és Nemesítési Tanszékén, továbbá a Növénytudományi Intézet Genetika csoportjának kísérleti terén került sor. A vizsgálatokhoz minden genotípusból négy ismétlést állítottam be. Megállapítottam, hogy a cirok genotípusoknak hatása volt az internódiumok hosszára és átmérőjére valamint az ezerszemtömegére, és a szárlé minden minőségi tulajdonságaira. A genotípusnak a szemtermés keményítő- és fehérjetartalmára is jelentős hatása volt. Az összefüggés-vizsgálat eredményeként kijelentettem, hogy szoros pozitív szignifikáns kapcsolat volt a szártagok tömege és átmérője között az RL_{16} ($r=0,836^{**}$) és az $SL_1 \times RL_{12}$ ($r=0,801^{**}$) genotípusoknál. A szárlé összes- és nem-redukáló cukortartalma között mind a cirokvonalak ($r=0,954^{**}$), mind a cirokhibridek ($r=0,856^{**}$) esetében igen szoros szignifikáns kapcsolat mutatható ki. A heterózishatás is érvényesült minden kétvonalas cirokhibridnél a keményítő- és az ezerszemtömegre, valamint az etanol kihozatalra nézve.

Kiválasztottam az etanol kihozatal szempontjából lényeges tulajdonságok (Brix-skála értéke, összes- és redukáló cukortartalom) alapján a kísérletbe vont cirok genotípusokat. Kifejeztem a szárlé tulajdonságainak egymáshoz viszonyított arányát. Továbbá összehasonlítottam internódium csoportonként, szártagonként az egyes cirok-genotípusokat a refraktométeres szárazanyag-tartalmuk alapján. Ezt követően kiválasztottam a legkedvezőbb minőségi tulajdonságokkal rendelkező nemesítési anyagokat. A kapott eredmények alapján ígéretesnek tartottam az RL_{12} , RL_{16} és az RL_{18} restorer vonalakat valamint az $SL_5 \times RL_{10}$, $SL_5 \times RL_{12}$, $SL_5 \times RL_{15}$ és az $SL_2 \times RL_{12}$ hibrideket.

A szemescirok-alapanyagok genetikai diverzitásának növelését gyors neutron kezeléssel végeztem. Agronómiailag hasznos egyedeket a 10 és a 7,5 Gy dózissal kezelt állományban találtam, ahol a levélterület index (LAI) és a Harvest index (HI) értéke magasabb volt a kontroll egyedekhez képest. Az M_2 -nemzedékben extrém klorofill defektusos albínó egyedeket detektáltam a 10 Gy sugárdózissal kezelt *Zádor* állományban.

9. SUMMARY

Silage produced from silage maize can be digested easily because of its high metabolised energy content that is why it is an excellent fodder crop for bovine of intensive milk production. As an effect of climatic changes and the intensified production of animal goods, the quality breeding of the drought resistance and fodder crops (maize, sorghum) is necessary. Silage maize breeding programs aim to increase the digestibility of the silage besides the high dry matter yield. In quality breeding, *bm* genes (code lower lignin content) are transferred into isogenic maize lines by the back cross method. Recessive *bm* genes originate from spontaneous mutations. Maize hybrids with *Lfy* gene also give more digestible and of higher carbohydrate content silage. One of the new trends of breeding is the brown midrib and the leafy maize hybrids. Mutant maize hybrids can be part of the crop rotation, because of their lower fibre contents, the biogas yield is better.

Application of the mutant maize hybrids, the protein-, and amino acid content of the maize grain can be increased. The decrease of the protein content and the increase of starch content are important breeding aims of bioethanol production. Maize and sorghum crossed for bioethanol production can be cultivated in low input system.

The primary aim of my work was to compare brown midrib and isogenic maize lines and the detailed examination of traditional maize and silage sorghum lines. My small plot experiments without irrigation were carried out in Debrecen and Kaba between 2008 and 2010. In addition to morphological (leaf position, tassel collaterals position, grain colour), and phenometric traits (plant- and ear attachment height, ear length and ear weight, internodes weight, length, diameter, thousand kernel weights) the digestibility characteristics (crude protein, crude fibre, detergent fibre fractions) were measured. The effect of the genotypes on the quality traits, the correlations (especially in relation to digestibility, amino acid and starch contents) and the level of heterosis compared to the parental lines were determined.

It was concluded that my brown midrib maize hybrids are energy saving, since due to their “erect” leaf positions, their photosynthesis is more efficient and more assimilates are produced in the plant. All phenometric characteristics (plant height, ear attachment height, ear length, ear weight, internodes length, weight, diameter) were influenced by the genotype.

Strong positive significant correlation was found between the weight and diameters of internodes. Positive heterosis was found in ear weight and ear attachment height among the phenometric traits.

The dry matter content at harvest and the crude protein content had positive effects on the digestibility characteristics of the silage, while the crude fibre and the detergent fibre fractions had negative effects. The results of my comparative experiments on the silage of brown midrib and isogenic maize genotypes showed that the NDF and ADL contents of the *GK49 bm₃ x GK42 bm₃* hybrid performed significantly lower values than those of the isogenic hybrid. Among mixed crops *Monori édes+SzeTC 465 bm₃* and *Róna+SzeTC 465 bm₃* significantly differed from the isogenic lines in crude fibre content. The *Róna* sorghum hybrid verifiably had lower NDF contents than these values of the *Monori édes* hybrid one. Silage made of these genotypes were of lactic fermentation and I reached the optimal dry matter content at harvest. By the digestibility characters these varieties can be favourable and suggestible for the practice. There were strong positive significant correlations between detergent fibre fractions by *Pearson's* correlation coefficient, while there were strong negative significant correlations between the dry matter content and detergent fibre fractions.

New results can be published in international literature by analyzing the amino acid contents of the silage samples. The examined genotypes unambiguously made effect on essential amino acids. Furthermore strong significant correlation was found between methionine and alanine ($r=0.80^*$), lysine and isoleucine ($r=0.78^*$). Among maize hybrids, the highest methionine, lysine, cysteine contents were measured in the silage samples of *Sze 521* and *126 x S₁*. Among the sorghum hybrids, the highest methionine content was found in the case of *Monori édes*. On the basis of detergent fibre content of plant parts of brown midrib and isogenic maize genotypes comparative examination was conducted. It was concluded, that the *bm₃* gene had effect on the fibre fractions. The ADL contents of the ear, stalk, chaff of *GK49 bm₃* were significantly lower than these values of the *GK49* isogenic line. The ADL and NDF contents of the chaff of *SzeTC 465 bm₃* were also significantly lower than these values of the *SzeTC 465*.

Prior to the PhD years, the mutation changes of sorghum generations were described in pilot experiments. These pilot experiments were carried out between 2005 and 2007. My experiments were continued with the description of phenological, phenometric characteristics and the analysis of the quality traits of sweet sorghum. Correlations were analysed between factors and the heterosis effect was measured on the nutritional values of sorghum grains. The measurements were carried out between 2007 and 2010. Both sorghum experiments were carried out at the University of Debrecen, Institute of Crop Sciences, Department of Genetics and Plant Breeding, Group of Genetics Sciences.

All genotypes were set in 4 replicates for the examinations. It was concluded that the sorghum genotypes had effects on internode length, diameter, thousand kernel weight and all quality traits of the stalk juice. The genotype had a significant effect on the starch, and protein contents of grain. According to the results of the correlation analysis, it was concluded that strong positive significant correlation was between the weight and the diameter of internodes in case of the RL_{16} ($r=0,836^{**}$) and the $SL_1 \times RL_{12}$ ($r=0,801^{**}$) genotypes. Significant strong correlation was between the total and non-reducing sugar contents of the stalk juice both in the sorghum lines ($r=0,954^{**}$), and sorghum hybrids ($r=0,856^{**}$). The heterosis effect for the starch content, thousand kernel weight and ethanol yield were also experienced in the case of every single-cross sorghum hybrid.

I choose the sorghum genotypes by the traits (Brix-scale, total and reducing sugar content) that are important for bioethanol yield. I determined the ratios between the characteristics of the stalk juice. Furthermore, each sorghum genotypes were compared by internode groups and by internodes on the basis of the refractometric dry matter content. I selected breeding materials with the most favourable characteristics.

Based on the results, the RL_{12} , RL_{16} , RL_{18} restorer lines and the $SL_5 \times RL_{10}$, $SL_5 \times RL_{12}$, $SL_5 \times RL_{15}$, $SL_2 \times RL_{12}$ hybrids were promising.

Fast neutron treatment was employed aiming the genetic diversity increase of the grain seed base materials. I have found agronomically important individuals within the stocks irradiated by 10 and 7.5 Gy; the leaf area indices (LAI) and Harvest indices (HI) were higher than those of the control ones. In the M_2 generation of the 10 Gy *Zádor* stock, albino plants with extreme chlorophyll deficiency was found.

10. IRODALOMJEGYZÉK

1. ÁBRAHÁM, É. B. (2011): A cirok termesztése. Agrofórum. 2011/3.24-26.
2. ANDREWS, C. J., DWYER, L. M., STEWART, D. W., DUGAS, J. A., BONN, P. (2000): Distribution of carbohydrate during grainfill in Leafy and normal maize hybrids. *Can. J. Plant Sci.* 80. (1):87-95.
3. ANTAL, K., ÁBRAHÁM, É. B., BLASKÓ, L., BALOGH, I. (2008 a): Evaluation of sweet sorghum lines from the point of view of bioethanol and cellulose production. *Cereal Research Communication.* (36):1255.
4. ANTAL, K., ÁBRAHÁM, É. B., BLASKÓ, L., BALOGH, I. (2008 b): Evaluation of sweet sorghum lines from the point of view of bioethanol and cellulose production. *Cereal Research Communication.* (36):1256-1258.
5. ARGILLIER, O., BARRIÈRE, Y. (1996): Genotypic variation for digestibility and composition traits of forage maize and their changes during the growing season. *Maydica.* 41(4):279-285.
6. AXTELL, J. D., VAN SCOYOC, S. W., CHRISTENSEN, P. J., EJETA, G. (1979): Current status of protein quality improvement in grain sorghum. In: *Seed Protein Improvement in Cereals and Grain Legumes.* IAEA, Wien, 357-365.
7. AXTELL, J. I., KAPRAN, Y., IBRAHIM, G., EJETA, D. J., ANDREWS, C. J. (1999): Heterosis in sorghum and pearl millet. pp. 375-386. *Crop Science*, Vol. 50. September-October 1788-1793.
8. AVASI, Z., PÉTER, J. (2007): A cirok és silókukorica társításának előnyei és hátrányai. *Agrár- és Vidékfejlesztési Szemle Vol. 2.* (2) 155-161.
9. BAI, A., SÍPOS, M. (2009): A növénynevelés és az agrotechnika szerepe a bioetanol versenyképességében. *Bioenergia. IV.* (1):15-20.
10. BAL, M. A., BAL, E. B. (2009): Interrelationship between nutrient and microbial constituents of ensiled whole-plant maize as affected by morphological parts. *International Journal of Agricultural Biology.* (11):631-634.
11. BAL, M. A., SHAVER, R. D., AL-JOBEILE, H., COORS, J. G., LAUER, J. G. (2000): Corn silage hybrid effects on intake, digestion, and milk production by dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 83(12):2849-2858.
12. BÁLINT, A. (1977): A kukorica jelene és jövője. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
13. BALLESTEROS, I., OLIVA, J. M., BALLESTEROS, M., CARRASCO, J. (1993): Optimization of the Simultaneous Saccharification and Fermentation Process Using Thermotolerant Yeasts: *Applied Biochemistry and Biotechnology.* 39/40:201-211.

14. BARABÁS, Z.:(1958): Hímsteril modifikációk és formák. Kandidátusi disszertáció. Martonvásár.
15. BARABÁS, Z. (1962): Observation of sex differentiation in Sorghum by use of induced male sterile mutants. *Nature*. 195:257-259.
16. BARABÁS, Z., BÁNYAI, L. (1965): A cirok és a szudánifű. Akadémiai Kiadó, Budapest, 75-86.
17. BARNES, R. F., MÜLLER, L. D., BAUMAN, L. F., COLENBRANDER, V. F. (1971): In vitro dry matter disappearance of brown midrib mutants of maize (*Zea mais* L.) *J. Anim. Sci.* (33):881-884.
18. BARRIÉRE, Y., ALBER, D., DOLSTRA, O., LAPIERRE, C., MOTTO, M., ORDAS, A., VAN-WAES, J., VLASMINKEL, L., WELCKER, C., MONOD, J. P. (2005): Past and prospects of forage maize breeding in Europe. I. The grass cell wall as a basis of genetic variation and future improvements in feeding value. *Maydica*. 50(3-4):259-274.
19. BARRIÉRE, Y.-ARGILLIER, O.-CHABBERT, B.-TOLLIER, M. T.-MONTIES, B.: (1994): Breeding silage maize with Brown midrib genes-Feeding value and biochemical characteristics. *Agronomie*. 14(1):15-25.
20. BARRIERÉ, Y., ARGILLIER, O., MECHIN, V. (1998): In vivo digestibility and biomass yield in normal and bm₃ hybrids, made from crossing earl and medium late lines of maize. *Maydica*. 43(2):131-136.
21. BARRIÉRE, Y., DEMARQUILLY, C., HEBERT, Y., DARDENNE, P., ANDRIEU, J., MAUPETIT, P., LILA, M., EMILE, J. C. (1991): Effect of genotype and environmental variability on in vitro and in vivo digestibility of silage maize. *Agronomie*. (11):151-167.
22. BEDŐ, S., BOGYAI, J. (1981): A különböző szárazanyag-tartalmú kukoricanövény erjesztéses tartósítása. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. 30(2):117-131.
23. BEDŐ, S., SZILVA, V. (1982): A fejlődési állapot hatása a kukorica növény és növényliszt táplálóértékére. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. 31:31-42.
24. BERTOIA, L. M., BURAK, R., TORRECILLAS, M. (2002): Identifying inbred lines capable of improving ear and stover yield and quality of superior silage maize hybrids. *Crop Science* 42(2):365-372.
25. BHASKARA, R., REDDI, R. (1975): A radiation induced highly productive mutant in sorghum. *Radiation Botany* 15. (1):29-32.
26. BLASKÓ, I., BALOGH, I., ÁBRAHÁM, É. B. (2008): Possibilities of sweet sorghum production for ethanol on the Hungarian plan. *Cereal Research Communication*. Vol. 36. 1251-1258.

27. BOON, E. J. M. C., ENGELS, F. M., STRUIK, P. C., CONE, J. W. (2005): Stem characteristics of two forage maize (*Zea mays* L.) cultivars varying in whole plant digestibility. II. Relation between in vitro rumen fermentation characteristics and anatomical and chemical features within a single internode NJAS Wageningen Journal of Life Sciences. 53(1):87-109.
28. BOON, E. J. M. C., STRUIK, P. C., TAMMINGA, S., ENGELS, F. M., CONE, J. W. (2008): Stem characteristics of two forage maize (*Zea mays* L.) cultivars varying in whole plant digestibility. III. Intra-stern variability in anatomy, chemical composition and in vitro rumen fermentation. NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences. 56(1-2):101-122.
29. BOROS, B., SÁRVÁRI, M. (2009): A bioetanol előállítás hatékonyságát növelő kukoricatermesztési technológia fejlesztése. Agrártudományi Közlemények. 2009/36.:17-18.
30. BOZZINNI, M., MUGNOZZA, K. (2003): Relative frequency of to morphological and sterility mutations induced in durum wheat by radiation and chemicals. Radiation Botany. 15:31-33.
31. BÓDI, Z. (2007): Genetikai polimorfizmus, címeralkotó elemek és néhány minőségi tulajdonság vizsgálata kukorica genotípusoknál. Doktori értekezés, Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum, Mezőgazdaságtudományi Kar, Kertészettudományi és Növényi Biotechnológiai Tanszék, Debrecen. 39.
32. BUCHOLTZ, D. L., CANTRELL, R. P., AXTELL, J. D., LECHTENBERG, V. L. (1980): Lignin biochemistry of normal and brown midrib mutant sorghum. J. Agric. Food Chem. 28:1239-1245.
33. BULAWAYO, B., BVOCHORA, J. M., MUZONDO, M. I., ZVAUYA, R. (1996): Ethanol production by fermentation of sweet stem sorghum juice using various yeast strains. World J Microbiol Biotechnol 12:357.
34. BUROW, G. B., FRANKS, C. D., XIN, Z. (2008): Genetic an Physiological Analysis o fan Irradiated Bloomless Mutant (Epicuticular Wax Mutant) of Sorghum. Crop Science. Vol. 48, January-February 2008. 41-48.
35. BVOCHORA, J. M., READ, J. S., ZVAUYA, R. (2000): Application of very high gravity technology to the cofermentation of sweet stem sorghum juice and sorghum grain. Ind. Crop. Prod. (11):11-17.

36. CARTER, P. R., COORS, J. G., UNDERSANDER, D. J., ALBRECHT, K. A., SHAVER, R. D. (1991): Corn hybrids for silage: an update. 141-164. In: Wilkinson D. (ed.): Proc. of 46th Annual Corn and Sorghum Research Conference, Chicago, IL. American Seed Trade Association, Washington D.C.
37. CASLER, M. D., BUXTON, D. R., VOGEL, K. P. (2002): Genetic modification of lignin concentration affects fitness of perennial herbaceous plants. *Theor. Appl. Genet.* (104):127-131.
38. CASLER, M. D., JUNG, H.J.G. (2006): Relationships of fibre, lignin and phenolics to in vitro fibre digestibility in three perennial grasses. *Anim Feed Sci Technol* (125):151-161.
39. CHANNAPPAGAUDAR, B. B., BIRADAR, N. R., PATIL, J. B., HIREMATH, S. M. (2007): Assessment of Sweet Sorghum Genotypes for Cane Yield, Juice Characters and Sugars Levels. *Journal Agricultural Scientist*. 20(2):294-296.
40. CHEN, F., DIXON, R. A. (2007): Lignin modification improves fermentable sugar yields for biofuel production. *Nat Biotechnol* 25:759-761.
41. CHERNEY, D. J. R., PATTERSON, J. A., CHERNEY, J. H., AXTELL, J. D. (1991): Fiber and soluble phenolic monomer composition of morphological components of sorghum stover. *J. Sci. Food Agric.* (54):645-649.
42. CHERNEY, J. H., CHERNEY, D. J., AKIN, R., AXTELL, J. D. (1991): Potential of brown-midrib, low-lignin mutants for improving forage quality. *Adv Agron* (46):157-198.
43. CHOKKANA, Z. F. (1936): *Bodenkunde Pflanzenernährung, Düngung*. 43.
44. CHRAPPAN, GY.-FAZEKAS, M.: (2004): Cirokfajták és hibridek nemesítése szélsőséges éghajlati és talajadottságok mellett, minőségjavítás: Integrált agrárgazdasági modellek a XXI. század mezőgazdaságában. *Növénytermelés*. 53:101-104.
45. COLENBRANDER, V. F., LECHTENBERG, V. L., BAUMAN, L. F. (1973): Digestibility and feeding value of brown midrib corn stover silage. *J. Anim. Sci.* (37):194-195.
46. COMSTOK, R. E., ROBINSON, H. F. (1952): Estimation of average dominance of genes. *Iowa State College Press, Ames, Iowa. Heterosis*. 494-516.
47. COX, W. J., CHERNEY, D. J. R. (2001): Influence of Brown Midrib, Leafy and Transgenic Hybrids on Corn Forage Production. *Agronomy Journal*. 93(4):790-796.
48. CSAPÓ, J. (2007): Kukorica keményítőtartalmának meghatározása. *Agrárágazat*. 2007. szeptember. 26-29.

49. DALMADI, I., SEREGÉLY, ZS., KAFFKA, K., FARKAS, J. (2007): Néhány többváltozós kemometriai módszer alkalmazása műszeres analitikai vizsgálatok értékelésére. Élelmiszervizsgálati Közlemények 53. kötet 4. füzet 222-238. Budapesti Corvinus Egyetem, Élelmiszertudományi Kar Központi Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet. 2007. szeptember 4.
50. DARBY, H. M., LAUER, J. G. (2002): Harvest date and hybrid influence on corn forage yield, quality and preservation. Agronomy Journal. 94(3):559-566.
51. DIEN, B. S., JUNG, H. G., VOGEL, K. P., CASLER, M. D., LAMB, J. F. S., WEIMER, P. J., ITEN, L., MITCHELL, R. B., SARATH, G. (2006): Chemical composition and response to dilute-acid pretreatment and enzymatic saccharification of alfalfa, reed canarygrass, and switchgrass. Biomass Bioener 30:880-891.
52. DOLCIOTTI, I., MAMBELLI, S., GRANDI, S., VENTURI, G. (1998): Comparison of two Sorghum genotypes for sugar and fiber production. Industrial Crops and Products. 7(2-3):265-272.
53. DONOUGH, M., ROONEY, L. (2007): Factors affecting Near Infrared Reflectance (NIR) analysis of whole kernel sorghum, Cereal Quality Laboratory. Texas University Cereal Chemistry. 75(5):634-638.
54. DOYLE, W., PARRISH, D., DEYOE, W. (2010): Nutritive value of protein in high and low protein content sorghum grain as measured by rat performance and amino acid assays. Journal of Nutrition. 88:66.
55. DWYER, L. M., ANDREWS, C. J., STEWART, D. W., MA, B. L., DUGAS, J. A. (1995): Carbohydrate levels in field-grown leafy and normal maize genotypes. Crop Sci. (35):1020-1027.
56. EASTRIDGE, M. L. (1999): Brown midrib corn silage. Tri-State Dairy Nutrition Conf. Ohio State University, Columbus, OH. 179-190 in Proc.
57. EL-TEKRIT, R. A., LECHTENBERG, V. L., BAUMAN, L. F., COLENBRANDER, V. F. (1976): Structural composition and in vitro dry matter disappearance of brown midrib corn residue. Crop. Sci. 16:387-389.
58. EMERSON, R. A. (1935): Cornell Univ. Agric. Exp. Sth. Memoir 180.
59. ERDEI, É., PEPÓ, Pá. (2008 a): A silócirokfélék fenometriai tulajdonságainak és a szárlé cukortartalmának vizsgálata. Agrártudományi Közlemények. 32. pp. 44-45
60. ERDEI, É., PEPÓ, Pá., TÓTH, SZ., KOVÁCS, A., SZABÓ, B. (2008 b): A silócirok (*Sorghum dochna* L.) beltartalmi értékeinek vizsgálata alternatív energia előállítás céljaira. XIV. Növénynevelési Tudományos Napok Összefoglalók. 2008. március 12. MTA Budapest Poszter p. 109

61. ERDEI, É., PEPÓ, Pá. (2008 c): Sugar contents of stalk juices in sweet sorghum types. Cereal Research Communications, Vol. 36. Suppl. (3):1427-1430.
62. ERDEI, É., PEPÓ, Pá., TÓTH, SZ., KOVÁCSNÉ O. H., SZABÓ, B. (2009): A szilázskészítés céljaira nemesített kukorica és cirok genotípusok értékmérő tulajdonságainak vizsgálata. XV. Növénytermesztési Tudományos Napok. Hagyomány és haladás a növénytermesztésben 2009. március 17. 96-100.
63. ERDEI E., PEPO Pá., CSAPO J., KOVÁCSNE, O. H., SZABÓ, E., SZABÓ B. (2010 a): Effect of sweet sorghum (*Sorghum dochna* L.) restorer lines stalk juice nutritional parameters. Növénytermelés 59.évf. Suppl. 381-384.
64. ERDEI, É. (2010 b): A bioetanol mint alternatív energiaforrás. Agrofórum. 2010. április. 58-60.
65. ESTRADA-FLORES, J. G., GONZALEZ-RONQUILLO, M., MOULD, F. L., ARRIAGA-JORDAN, C. M., CASTELAN-ORTEGA, O. A. (2006): Chemical composition and fermentation characteristics of grain and different parts of the stover from maize landraces harvested at different growing periods in two zones of central Mexico Animal Science. 82(6):845-852.
66. EYHERABIDE, G., ROBUTTI, J., BORRAS, F. (1995 a): Effect of near-infrared transmission-based selection on maize hardness and the composition of zeins. Cereal Chemistry. 73(6):775-776.
67. EYHERABIDE, G., ROBUTTI, J., BORRAS, F. (1995 b): Effect of near-infrared transmission-based selection on maize hardness and the composition of zeins. Cereal Chemistry. 73(6):777-778.
68. FARKAS, B., SCHMIDT, J., SZENTMIHÁLYI, S., VAS, I. (1977): Korszerű szilázskészítés és- felhasználás a szarvasmarha takarmányozásában. OÁTF. Takarmányozási és Termelésfejlesztési Igazgatóság Kiadványa.
69. FECZÁK, J. (2006): A cukorcirok hasznosítása alternatív energiaként. Vetőmag. 13:3.20-21.3.
70. FREY, T. J., COORS, J. G., SHAVER, R. D., LAUER, J. G., EILERT, D. T., FLANNERY, P. J. (2004): Selection for silage quality in the Wisconsin Quality Synthetic and related maize populations. Crop Science 44(4):1200-1208.
71. FRENCHICK, G. E., JOHNSON, D. G., MURPHY, J. M., OTTERBY, D. E. (1976): Brown midrib corn silage in dairy cattle rations. J. Dairy Sci. 59:2126-2129.

72. GALLAIS, A., HUGUET, L., BERTHET, H., BERTIN, G., BROQUA, B., MOURGUET, A., TRAINEAU, R. (1980): Preliminary evaluation of brown-midrib maize hybrids for their feeding and agronomic value in France. In "Improvement of Quality Traits of Maize for Grain and Silage Use" (W.G. Pollmer and R.H. Phipps, eds.), Nijhoff, The Hague. pp. 319-339.
73. GERHARDT, R. L., FRITZ, J. O., MOORE, K. J., JASTER, E. H. (1994): Digestion kinetics and composition of normal and brown midrib sorghum morphological components. *Crop Sci.* (34):1353-1361.
74. GÖKSUNGUR, Y., ZORLU, N. (2001): Production of ethanol from beet molasses by Ca-alginate immobilized yeast cells in a packed-bed bioreactor. *Turk J. Biol.* (25):265-275.
75. GRABBER, J. H. (2005): How do lignin composition, structure and cross-linking affect degradability? A review of cell wall model studies. *Crop Science.* (45):820-831.
76. GUPTA, S. C. (1995): Allelic relationships and inheritance of brown midrib trait in sorghum. *J. Hered.* (86):72-74.
77. GYÖRI, Z., SÍPOS, P., UNGAI, D. (2008): A kukorica minőségének aktuális kérdései. *Agrofórum.* 19: Extra 22. 88.
78. GYULAVÁRI, O., ERDEI, É., TOLDINÉ TÓTH, É., BALASSA, GY. (2012): Kukorica vonalak és hibridek bm₃ (brown midrib) analógjainak *Fusarium* gramineárum és vírusrezisztencia vizsgálata XVIII. Növénytermesztési Tudományos Napok, Összefoglalók. 2012. március 6. MTA Székháza, Budapest, 84. oldal
79. GYULAVÁRI, O., MÁTHÉNÉ GÁSPÁR, G. (1990): Brown midrib back-cross nemzedékek és analógok vizsgálata. *Növénytermelés.* 39(5):431-438.
80. GYULAVÁRI, O., BALASSA, GY., TOLDINÉ TÓTH, É. (2003 a): Donorhatás vizsgálat back-cross-ok későbbi nemzedékeiben
81. GYULAVÁRI, O., PINTÉR, Z., TOLDINÉ TÓTH, É. (2003 b): Nemesítői kísérletek brown midrib kukorica vonalakkal és hibridekkel, Növénytermesztési Tudományos Napok, Budapest, 2003. március 5-6. p. 94 Abst.
82. GYURICZA, CS. (2008): Cukorcirok termesztése energetikai hasznosításra. *Agronapló.* 12(4):75-76.
83. HEGYI, ZS., PINTÉR, J., MARTON, L. CS. (2007): Kukoricahibridek beltartalmi vizsgálata NIR spektrométerrel, XIII. Növénytermesztési Tudományos Napok, MTA, Poszter, Budapest, 141.

84. HEGYI, ZS., TÓTHNÉ ZSUBORI, ZS., RÁCZ, F. (2009 a): Leafy és nem-leafy silókukorica-hibridek összehasonlítása agronómiai tulajdonságaik, a szemtermés minősége és a biogáz kihozatal alapján. *Növénytermelés*. 58(4):5-16.
85. HEGYI, ZS., TÓTHNÉ ZSUBORI, ZS., RÁCZ, F., HALMOS, G. (2009 b): Comparative analysis of silage maize hybrids based on agronomic traits and chemical quality. *Maydica*. 54:133-137.
86. HICKS, C., TUINSTRA, M., PEDERSEN, J., DOWELL, F., KOFOID, K. (2002): Genetic analysis of feed quality and seed weight of sorghum inbred lines and hybrids using analytical methods and NIRS. *Cereal Chemistry*. 78(4):412-416.
87. JADHAV, M. M., CHOUGULE, B. A., CHAVAN, V. D., ADSULE, R. N. (1994): Assessment of Juice Quality in the Improved Sweet Sorghum Varieties. *Journal of Maharastra Agricultural Universities*. (19):233-235.
88. JENKS, M., RICH, J., RHODES, D., ASHWOTR, E., AXTEL, J., CHANG, K. (2000): Leaf sheat cuticular waxes on bloomless and sparsebloom mutants of *Sorghum bicolor*. *Phytochemistry*. 54(6):577-584.
89. JORGENSON, L. R. (1931): Brown midrib in maize and its linkage relations. *J. Am. Soc. Agron.* (23):549-557.
90. JÓZSA, L. (1981): Silókukorica-termesztés szilázsnak. *Mezőgazdasági Kiadó, Budapest*. 69.
91. KEITH, E. A., COLENBRANDER, V. F., PERRY, T. W., BAUMAN, L. F. (1981): Performance of feedlot cattle fed brown-midrib three or normal corn silage with various levels of additional corn grain. *J. Animal Sci.* (52):8-13.
92. KLOPFENSTEIN, C. F., HOSENEY, R. C. (1995): Nutritional properties of sorghum and the millets. In: DENDY, D.A.V. (Ed.): *Sorghum and Millets: Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA, 125-168.
93. KOTA, M., BORBÉLY, J-né., SZILÁGYI, SZ. (2000): Takarmányok vizsgálati módszerei. Debreceni Egyetem, Agrártudományi Centrum, Mezőgazdaságtudományi Kar, Mezőgazdasági Termékfeldolgozás és Minősítés Tanszék, Debrecen, Gyakorlati jegyzet 13-15 pp-38-39 pp.
94. KOVÁCS, G. P., MIKÓ, P., NAGY, L., GYURICZA, CS. (2011): Talajművelési eljárások hatása a cukorcirok (*Sorghum bicolor* L. Moench) beltartalmi paramétereire. *Növénytermelés*. 61-81.p.
95. KRALOVÁNSZKY, U. P., MANNINGER, S. (1985): A kukoricanemesítés munkájában figyelembe veendő felhasználói minőségi igények, 1985. február 11-15. között Budapesten tartott” Kukoricatermesztési szeminárium” előadás anyaga. 9.

96. KRISHNAVENI, S., THEYMOLI, B., SADASIVAM, S. (1984): Sugar distribution in sweet stalk sorghum. *Food Chemistry*. 15.(3):229-232.
97. LAUER, J. G., COORS, J. G., FLANNERY, P. J. (2001): Forage yield and quality of corn cultivars developed in different eras. *Crop Science*. 41(5):1449-1455.
98. LECHTENBERG, V. L., MÜLLER, L. D., BAUMAN, L. F., RHYKERD, C. L., BARNES, R. F. (1972): Laboratory and in vitro valuation of inbred and F2 populations of brown midrib mutants of *Zea mays* L. *Agron. J.* (64):657-660.
99. LEE, M. H., BREWBAKER, J. L. (1984): Effects of brown midrib-3 on yields and yield components of maize. *Crop Sci.* (24):105-108.
100. LIANG, S., KOFOID, K. (1998): A light-intensity sensitive chlorophyll mutant in *Sorghum*. *Experimental Botany* 27.5.115-126.
101. LIPPMANN, S. (1895): *Die Chemie der Zuckarten*. II. Aufl. Braunschweig. 495.
102. LOVE, G., GOUGH, S., BRADY, D., BARRON, N., NIGAM, P., SINGH, D., MARCHANT, R., MCHALE, A. P. (1998): Continuous ethanol fermentation at 45 C using *Kluyveromyces marxianus* IMB3 immobilized in Calcium alginate and kissiris. *Bioprocess Engineering*. 18:187-189.
103. Magyar Takarmánykódex II./1.(1990): Az aminosavtartalom meghatározása
104. MARTEN, G. C., GOODRICH, R. D., SCHMID, A. R., MEISKE, J. C., JORDAN, R. M., LINN, J. G. (1975): Evaluation of laboratory methods of determining quality of corn and sorghum silages. II. Chemicals methods of predicting in vivo digestibility. *Agron. J.* (67)247-251.
105. MARTEN, G. C., HALGERSON, F. L., CHERNEY, F. H. (1983): Quality prediction of small grain forages by near infrared reflectance spectroscopy. *Crop Sci.* (23):94-96.
106. MARTICSEK, J., GYULAI, G., GYULAVÁRI, O., BÁLINT, A., BASKAI, GY., BOTTKA, S., HESZKY, L. (1991): Ligninhiány mutáció genetikai elemzése (SSR, RAPD) BM-kukorica mutánsokban és különböző ZEA taxonokban, Növénytermelés.
107. MARTINI, A., BUZZINI, P., VAUGHAN-MARTINI, A. (2006): A microbiological perspective on renewable energy sources-Part 1-An overview on fermentation processes for the production of bioethanol from sweet sorghum. *Chim Oggi*. 24(1):48-50.
108. MARTON, L. CS. (2011): Corn as a renewable energy source. *Növénytermelési Tudományos Napok. Absztrakt*.32.
109. METHU, J. N., OWEN, E., ABATE, A. L., TANNER, J. C. (2001): Botanical and nutritional composition of maize stover, intakes and feed selection by dairy cattle. *Livestock Production Science*. (71):87-96.

110. MILLER, J. E., GEADELMANN, J. L., MARTEN, G. C. (1983): Effect of the brown midrib-allele on maize silage quality and yield. *Crop Sci.* (23):493-496.
111. MOLNÁR, B., GYŐRI, Z. (1996): Agrotechnikai tényezők és a hibrid hatása a silókukorica minőségére. I. A szárazanyag- és nyersfehérje-tartalom. *Növénytermelés.* 45(4):365-376.
112. MOLNÁR, B. (1997): Különböző tényezők hatása a silókukorica táplálóértékére, Doktori PhD-értekezés, Debrecen, DATE, 1997.
113. MSZ 6830/26 (1987): Takarmányok táplálóértékének megállapítása, Cukortartalom meghatározása
114. MSZ EN ISO 5983:1:(2005): Takarmányok táplálóértékének megállapítása, Nitrogéntartalom meghatározása makro-Kjeldahl-módszerrel a nyersfehérje-tartalom számításához
115. MSZ EN ISO 6865:(2001): Nyersrosttartalom meghatározása
116. MSZ 9589/2 (1983): Likőr- és pálinkakészítmények vizsgálata, Alkoholtartalom meghatározása
117. MURTY, U. R.:(1995): Breeding two line hybrids in *Sorghum bicolor* (L.) Moench *Cereal Research Communications.* 23 (4):1995.
118. MUSTAFA, A. F., SEGUIN, P., MAROIS-MAINGUY, O., OULLET, D. R. (2005): Ensiling characteristics, nutrient composition, and in situ ruminal and whole tract degradability of brown midrib and leafy corn silage. *Archives of Animal Nutrition.* 59(5):353-363.
119. NAGY, E., TÍMÁR, I., HEGYI, ZS., PINTÉR, J. (2007): Genetikai markerek alkalmazása kukorica keményítőtartalmának vizsgálatában, Növénytermelési Tudományos Napok, Összefoglalók, MTA, Budapest 155. pp.
120. NANDINI, N., KOLEKAR, N. M., AKADE, J. H., RAJVANSHI, A. K. (2006): Syrup Production from Sweet Sorghum. Nimbkar Agricultural Research Institute (NARI), Phaltan. 1-10.
121. OBA, M., ALLEN, M. S. (1999): Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science.* (82):589-596.
122. OGBONNA, J. C., MASHIMA, H., TANAKA, H. (2001): Scale up of fuel ethanol production from sugar beet juice using loofa sponge immobilized bioreactor. *Biores Technol.* 76:1-8.

123. OLIVER, A. L., KLOPFENSTEIN, T. J., GRANT, R. J., PEDERSEN, J. F. (2005): Comparative effects of the sorghum bmr-6 and bmr-12 genes. Forage sorghum yield and quality. Crop Sci. (45):2234-2239.
124. OMMI: A cirok (*Sorghum bicolor* L./Moench/), a szudánifű (*Sorghum sudanense* L.) és hibridjei (*Sorghum bicolor x sudanense*) DUS vizsgálati módszere. A TG 122/3 UPOV Irányelv alapján. 1989.
125. OROSZ, SZ., MÉZES, M., IVÁN, F., KAPÁS, S. (2003): A cirok és a kukorica együttes termesztésének szerepe a szarvasmarha szálatakarmány-ellátásában. Holstein magazin. 38-40.
126. PÁL, M. (2006): Comparison of some species of sorghum grown for producing bioalcohol, Diplomamunka, DE ATC
127. PÁL, M., RAJKI, E. (2010): Szemescirok beltartalmi jellemzői. XVII. Növénytermelési Tudományos Napok. 110.
128. PÁSZTOR, K., FORGÁCS, B., GYŐRI, Z., SZILÁGYI, SZ. (1997): Kukoricahibridek fehérje-és aminosav-összetételének vizsgálata. Növénytermelés. 46(1):23-35.
129. PÁSZTOR, K., GYŐRI, Z., NAGY, M. (1996): Kukoricafehérjék aminosavtartalmának változása különböző szülőtörzseknél és hibridjeiknél. Növénytermelés. 45(2):97-108.
130. PÁSZTOR, K., GYŐRI, Z., SZILÁGYI, SZ. (1998): A fehérje-, a keményítő-, a hamu-, a rost- és a zsírtartalom változása kukorica szülőtörzsekben és hibridjeikben. Növénytermelés. 47(3):271-278.
131. PEDERSEN, J. F., TOY, J. J., FUNNEL, D. L., SATTLER, S. E., OLIVER, A. L., GRANT, R. A. (2008): Registration of BN611, AN612, BN612 and RN613 sorghum genetic stocks with stacked bmr-6 and bmr-12 genes. J. Plant Registr. 2:258-262.
132. PEPÓ, Pá., ERDEI, É. (2007): A szemescirok (*Sorghum bicolor* L.) genetikai variabilitásának vizsgálata az M₀-nemzedékében. Növénytermelés. 56 (1-2):27-37.
133. PEPÓ, Pá., PÁSZTOR, K. (1985): Mutánsvonalak szerepe a kukorica hibridkombinációk fehérjetartalmának és hozamának növelésében. Növénytermelés. 34(6):441-448.
134. PEPÓ, Pá., TÓTH, SZ. (1999): Kukoricagénbank előállítása mutációval. Növénytermelés. 53(3):254.
135. PINTÉR, L. (1988): A kukorica (*Zea mays* L.) kutatás a takarmányozás szolgálatában. Növénytermelés. Tom 37. No 2. pp. 158.
136. PINTÉR, L., BURUCS, Z., ALFÖLDI, Z. (1992): A silókukorica-cirok vegyesvetés alkalmazási lehetőségeinek vizsgálata hazai ökológiai viszonyok között. Növénytermelés. 41(5):421-429.

137. PINTÉR, L., BURUCS, Z., HENICS, Z., GOMBOS, S. (1991): A genotípus mint a silókukorica-termesztés fejlesztésének eszköze. *Növénytermelés* 40(3):269-277.
138. PINTÉR, J., MARTON L. CS., HADI, G., SPITKÓ, T. (2007): Martonvásári Lfy (leveles) hibridek a minőségi silótermesztés szolgálatában. *Agrofórum*. 18(8):10-13.
139. PINTÉR, L., NÉMETH, J. (1981): Comparison of grain and silage maize. 11th Congress of the EUCARPIA Maize and Sorghum Section, Montreux, Switzerland
140. PINTÉR, J., PÓK, I., RÁCZ, F., HEGYI, ZS., HADI, G., MARTON, L.CS. (2010): A leveles (Lfy-) hibrid kukoricák. *Agrofórum*. Extra 37. 2010. december. 48-51.
141. PREMACHANDRA, G. S., HAHN, D. T., AXTELL, J. D., JOLY, R. J. (1994): Epicuticular wax load and water-use efficiency in bloomless and sparse-bloom mutants of *Sorghum bicolor*. *Environmental and Experimental Botany*. 34(3): 293-301.
142. RAI, K. N.-MURTY, D. S.-ANDREWS, D. J.-BRAMEL-COX, P. J.:(1999): Genetic enhancement of pearl millet and sorghum for the semi-arid tropics of Asia and Africa *Genome*. 42:617-628.
143. RAMULU, K. S., RANGASAMY, S. R. (1972): An estimation of the number of initials in grain *Sorghum* using mutagenic treatments. *Radiation Botany*. 12(1):37-43.
144. RÁSONYI PAPP, G. (1943): Méznád néven elterjedt édescírok termelése, feldolgozása és nemzetgazdasági jelentősége. Paulovits Imre Könyvnyomdája, Budapest. 16-21.
145. RATNAVATHI, C. V., SURESH, K., VIJAY KUMAR, B. S., PALLAVI, M., KOMALA, V. V., SEETHARAMA, N. (2010): Study on genotypic variation for ethanol production from sweet sorghum juice. *Biomass and Bioenergy*. 2010. 1-6.
146. RIBOULET, C., LEFEVRE, B., DENOUE, D., BARRIÉRE, Y. (2008): Genetic variation in maize cell wall for lignin content, lignin structure, p-hydroxycinnamic acid content and digestibility in set of 19 lines at maturity. *Maydica*. 53(1):11-19.
147. RODRIGUES, M. C., CHAVES, L. J., PACHECO, C. A. P. (2006): Heterosis in crosses among white grain maize populations with high quality protein. *PESQUISA AGROPECUARIA BRASILEIRA*. 41(1):59-66.
148. RONGHOU, L., JINXIA, L., FEI, S. (2008): Refining bioethanol from stalk juice of sweet sorghum by immobilized yeast fermentation. *Renewable Energy*. 33(5):1130-1135.
149. SAMIR, R., FERIZ, R., NAGY, M. (1999): A cukortartalom variabilitása, öröklődése és korrelációi a kukoricavonalak szárában. *Növénytermelés*. 48(2):133-141.
150. SCHMIDT, J. (1984): A tömegtakarmányok szerepe a kérődzők takarmányozásában. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. Tom 33. Nr. 4
151. SCHMIDT, J. (1993): Takarmányozástan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest

152. SHAVER, D. L. (1983): Genetics and breeding of maize with extra leaves above the ear. Proceedings of the Annual Corn and Sorghum Industries Research Conference (38): 161-180.
153. SHYMAN, L. D., JONBERT, H. W., (1996): Effect of maturity stage and method of preservation on the yield and quality of forage sorghum. Anim. Feed. Sci. and Techn. Vol. 57. 63-73.
154. SHERRY, A., GARCIA, F., ANASTASIA, L., BODNAR, M., SCOTT, P. (2009): Wide variability in kernel composition, seed characteristics, and zein protein among diverse maize inbreds, landraces, and teosinte. Theor. Appl. Genet. 119:1129-1142.
155. SIBALE, E. M., DARRAH, L. L., ZUBER, M. S., SLEPER, D. A. (1992): Correlated responses to selection for stalk crushing strength in 2 maize populations. Maydica. (37):115-122.
156. SIKLÓSI RÁJKI. E. (1995): Szegedi cirokfélék fajtaajánlata. GKI Különkiadványa. Szeged
157. SINGH, R., AXTELL, J. D. (1973): High-lysine mutant gene (hl) that improves protein quality and biological value of grain sorghum. Crop Sci. (13):535-539.
158. SINGH, S. K., JOHNSON, L. A., POLLAK, L. M., HURBURGH, C. R. (2009): Heterosis in compositional, physical, and wet-milling properties of adapted x exotic corn crosses. Cereal Chemistry Published: MAY-JUN 2001. 78(3):336-341.
159. SÍPOS, P., UNGAI, D. (2007): Evaluation of the chemical composition of the maize kernel in 2007. Cereal Research Communication, (36):495-498.
160. SMILOVENKO, L. A., POIDA, V. B. (1999): Evaluation of sweet sorghum on normal chernozems in Rostov province. Kukuruza-i-Sorgo. (1):11-12.
161. SPITKÓ, T., TÓTHNÉ ZSUBORI, ZS., MARTON, L. CS. (2005): Szemeskettőshasznosítású-és silókukorica hibridek harvest indexe silóérettségben. Poszter, XI. Növénytermelési Tudományos Napok, Budapest. 75.
162. SUBEDI, K. D., MA, B. L. (2005): Ear position, leaf area and contribution of individual leaves to grain yield in conventional and leafy maize hybrids. Crop Sci. (45):2246-2257.
163. SZABÓ, L., PINTÉR, L., ALFÖLDI, Z. (1991): A NIR (near infra-red) technika mint a takarmányérték alapján végzett silókukorica nemesítés és értékelés gyors és olcsó eszköze. Növénytermelés. 40(2):135-140.
164. SZAKÁL, P., SCHMIDT, R., LESNY, J., KALOCSAI, R., BARKÓCZI, M. (2007): Quality parameters of wheat. Bioethanol versus bread? Cereal Research Communication. 35(2):1137-1140.

165. SZÉKELY, J. (1981): A silótakarmány gazdálkodás szervezése és ökonómiája. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
166. SZŰCS, I. (2002): Alkalmazott statisztika. Agroinform Kiadó, Budapest. A korrelációs együttható 314-316. Varianciaanalízis 247-260. ISBN 9635027613.
167. TÁLAS, GY. (2009.): A cukorcirok felhasználás lehetőségei a bioenergia termelésben kedvezőtlen termőhelyi adottságú talajokon. Agroinform. 18. évf. 4. sz. 12.
168. TÓTH, SZ. (2001): Kukorica transzgresszív mutánsok kiválogatása diallél analízissel. Doktori (PhD) értekezés. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaságtudományi Kar, Genetika és Nemesítési Tanszék
169. TÓTH, J., DÉRI, É., VÁRHEGYI, J., SZENTMIHÁLYI, S., VÁRHEGYI, J.-né. (1984): A teljes kukoricanövény tápláléértékének és hozamának vizsgálata. Növénytermelés. 33(3):203-211.
170. TÓTHNÉ ZSUBORI, ZS., MARTON, L. CS. (2011 a): Martonvásári silókukorica hibridek beltartalmának és emészthetőségének vizsgálata. Növénytermelési Tudományos Napok. Szekció előadás. 2011/41.
171. TÓTHNÉ ZSUBORI, ZS. (2011 b): Silókukorica hibridek beltartalmának és emészthetőségének javítása, Doktori (PhD) értekezés, Szent István Egyetem, Martonvásár, 21.
172. TÓTHNÉ ZSUBORI, ZS., PÓK, I., HEGYI, ZS., MARTON, L. CS. (2010): Genotype and year effect on morphological and agronomical traits of silage maize (*Zea mays* L.) hybrids. Acta Agronomica Hungarica 58 (1): 81-89.
173. TÓTHNÉ ZSUBORI, ZS., SPITKÓ T., PÓK I., MARTON L. CS. (2005): Silókukorica (*Zea mays* L.) hibridek morfológiai tulajdonságainak és szárazanyagtermésének vizsgálata. Növénytermelés Tom. 54. No.1-2. 13-21.
174. TÓTHNÉ ZSUBORI, ZS., SPITKÓ, T., MARTON, L. CS. (2006): A NIR spektroszkópia felhasználása a martonvásári silókukorica nemesítésben. Martonvásár 2006/1. 14-16.
175. UNDERSANDER, D. J., HOWARD, W. T., SHAVER, R. D. (1993): Milk per acre spreadsheet for combining yield and quality into a single term J. Prod. Agric. 6:231-235.
176. YULING, L., YANZHAO, W., MENG GUAN, W., XUEHUI, L., JIAFENG, F. (2009 a): QTL identification of grain protein concentration and its genetic correlation with starch concentration and grain weight using two populations in maize (*Zea mays* L.) Journal of Genetics. 88(1):61-63.

177. YULING, L., YANZHAO, W., MENG Guan, W., XUEHUI, L., JIAFENG, F. (2009 b): QTL identification of grain protein concentration and its genetic correlation with starch concentration and grain weight using two populations in maize (*Zea mays* L.) *Journal of Genetics*. 88(1):64-67.
178. VASAL, S. K., SPINIVASA, G., PANDEY, S., GONZALEZ, F., CROSSA, J., BECK, D. L. (1993): Heterosis and combining ability of CIMMYT's quality protein maize germplasm: II. Subtropical. *Crop Science*. 33:51-57.
179. VAUGHAN-MARTINI, A.-BUZZINI, P.-MARTINI, A.:(2006): A microbiological perspective on renewable energy sources-Part 2-Selection of new yeast startest for bioethanol production from sweet sorghum. *Chim Oggi*. 24(2):62-64.
180. VÁRADI, M., TÓTH, Á. (1989): A NIR/NIT-spektroszkópia alkalmazása az élelmiszerminősítésben. Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet, Budapest. 209-217.
181. VÁRHEGYI, J.-né (1982): A silókukorica-szilázs tápláléértéke. *Magyar Mezőgazdaság*. 37:30. 15.
182. VÁRHEGYI, J., SZENTMIHÁLYI, S., VÁRHEGYI, J.-né, SZABADKA, A., DÉRI, É. (1982): A teljes kukoricanövény tápláléértéke és hozama. *ATK Közleményei*. 245-248.
183. VOCA, N., KRICKA, T., JANUSIC, V., MATIN, A. (2007): Bioethanol production from corn kernel grown with different cropping intensities. *Cereal Research Communications*. 35(2):1309-1312.
184. VOGEL, K. P., JUNG, H. G. (2001): Genetic modification of herbaceous plants for feed and fuel. *Crit. Rev. Plant Sci*. 20:15-49.
185. VUKOV, K. (1947): Angaben über Zusammensetzung der Zuckerhirse (Adatok az édescirok összetételéről). *Magyar Kémikusok Lapja*. 2:235-239.
186. VUKOV, K., PATKAI, G., MONSZPART, J. (1977): Über invertzuckerreiche Flüssigzucker. *Zuckerindustrie*, 27. Nr. 12.
187. WATSON, S. A., RAMSTADT, P. E. (1991): Corn chemistry and technology, American Association of Cereal Chemists. Inc. St. Second Printing 605.
188. WELLER, R. F., PHIPPS, R. H., COOPER, A. (1985): The effects of the brown midrib-3 gene on the maturity and yield of forage maize. *Grass Forage Sci*. 40:335-339.
189. ZUBER, M. S., COLBERT, T. R., BAUMAN, L. F. (1977): Effect of brown-midrib-3 mutant in maize (*Zea mays* L.) on stalk strength. *Z. Pflanzenzucht*. (79):310-314.

Internetes hivatkozások (utolsó hozzáférés 2013. 05. 02.)

CPVO TP/2/2: (2007): <http://www.cpvo.europa.eu/index800.php>

FAO (1999): FAOSTAT-Statistics database. <http://apps.fao.org/>

FAO (2008): FAOSTAT-Statistics database. <http://apps.fao.org/>

RAJVANSI, A. K., NIMBKAR, N. (2005): Sweet sorghum R&D at the Nimbkar Agricultural Research Institute (NARI). <http://nariphaltan.virtualave.net/sorghum.htm>

RÉCZEY, I. (2005): Bioüzemanyagok felhasználási lehetőségei. BME jegyzet, <http://www.MTK.BME.hu/hukozosbelso/biouzemanyagok.downland.hu>

RFA Industry Statistics (2008): Annual World Ethanol Production by Country
<http://www.ethanolrfa.org/industry/statistics>

THOKOZA, L. (2005): Evaluation of the heterotic potential of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) adapted to the Southern Africa region.
<http://repository.tamu.edu/handle/1969.1/4891>

USDA (2010): http://www.nass.usda.gov/Statistics_by_Subject/result.php?AD1594B6-A750-332C-AB69-886363F22279§or=CROPS&group=FIELD%20CROPS&comm=CORN

11. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK JEGYZÉKE

Hazai tudományos folyóiratcikk

- Pepó, Pá., Tóth, Sz., Oskolás, H., Bódi, Z., **Erdei, É** (2005): Őszi búzatörzsek minőségvizsgálata az évjáráthatás függvényében. Növénytermelés, Tom. 54. 3:137-143.
- Pepó, Pá., Drimba, P., Kovácsné Oskolás, H., **Erdei, É.**, Tóth, Sz. (2006): A termésbiztonság elemzése különböző őszibúza-genotípusok esetében. Növénytermelés, Tom. 55. No. 3-4: 153-162.
- Pepó, Pá., **Erdei, É.** (2007): A szemescirok (*Sorghum bicolor* L.) genetikai variabilitásának vizsgálata az M₀ nemzedékben. Növénytermelés, 2007. Tom. 56. No. 1-2. 27-37.
- Pepó, Pá.-**Erdei, É.** (2007): Gyors neutronnal indukált mutáció eredményei a szemes cirok M₁ és M₂ generációjában, Agrártudományi Közlemények, Acta Agraria Debreceniensis 2007. 27. sz.49-54.
- Erdei, É.**-Pepó, Pá. (2008): A silócirokfélék fenometriai tulajdonságainak és a szárlé cukortartalmának vizsgálata, Agrártudományi Közlemények, 2008. 32. 41-49.
- Erdei, É.**-Pepó, Pá.-Csapó, J.-Tóth, Sz.- Szabó, B. (2009): A cukorcirok (*Sorghum dochna* L.) restorer vonalak hatása a présnedv beltartalmi paramétereire. Agrártudományi Közlemények. /Acta Agraria Debreceniensis/ 2009. 36:51-56.
- Pepó, Pá., **Erdei, É.**, Kovácsné Oskolás, H., Tóth, Sz., Szabó, E. (2011): A beltenyésztett cirok-vonalak és kétvonalas hibridjeik egyes beltartalmi tulajdonságainak vizsgálata. 2011. Növénytermelés Tom. 60. No. 1. 83-95.

Hazai tudományos konferenciaticikk

- Erdei, É.**-Pepó, Pá.,-Tóth, Sz.,-Kovács, A.,-Szabó, B. (2008): A silócirok (*Sorghum dochna* L.) beltartalmi értékeinek vizsgálata alternatív energia előállítás céljaira, XIV. Növénytermesztési Tudományos Napok, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 2008. március 12. ISBN
- Erdei, É.**-Pepó, Pá.,-Tóth, Sz.- Kovácsné Oskolás, H. Szabó, B. (2009): Szilázskészítés céljaira nemesített kukorica- és cirokgenotípusok értékmérő tulajdonságainak vizsgálata, XV. Növénytermesztési Tudományos Napok, MTA, Budapest, / Hagyomány és haladás a növénytermesztésben/ ISBN: 978-963-508-570-0 96-100
- Pepó, Pá.-**Erdei, É.**-Kovácsné Oskolás, H.-Tóth, Sz.-Szabó, B. (2009): A heterózishatás mértékének meghatározása bioetanol-előállítás céljaira nemesített C₄-es hibridek esetében. Investigation of heterosis for bioethanol production in case of C₄ type hybrids with high carbohydrate. V. Növénytermesztési Tudományos Nap. (Szerk. Harcsa Marietta) /ISBN 978 963 05 8804 1/ 177-180.
- Pepó, Pá.-**Erdei, É.**-Kovácsné Oskolás, H.-Tóth, Sz. (2012): Energetikai célú növénytermesztés új lehetőségei. New alternatives of plant breeding for energy. I. Talajtani, Vízgazdálkodási és Növénytermesztési Tudományos Nap, Talaj-Víz-Növény kapcsolatrendszer a növénytermesztési térben, Növényi rendszerek, MTA Agrártudományok Osztálya, Talajtani, Vízgazdálkodási és Növénytermesztési Tudományos Bizottság, Debrecen, 2012. november 23. 165-168.

Hazai tudományos konferencia absztrakt

- Pepó, Pá., Tóth, Sz., Oskolás, H. Bódi, Z., **Erdei, É.** (2005): Őszi búza genotípusok minőségi paramétereinek változása az évjáráthatás függvényében. MTA-MNE-MAE-OMMI. XI. Növénytermesztési Tudományos Napok, Budapest: 72.
- Pepó, Pá., Tóth, Sz., Oskolás, H., Bódi, Z., **Erdei, É.** (2005): Kukoricavonalak és hibridjeik fuzárium ellenállóságának vizsgálata diallél analízissel. MTA-MNE-MAE-OMMI. XI. Növénytermesztési Tudományos Napok, Budapest. (Szerk.: Kertész, Z.) 170
- Pepó, Pá., Tóth, Sz., Oskolás, H., Bódi, Z., **Erdei, É.** (2005): Őszi búza (*Triticum aestivum* L.) levélbetegségeinek genetikája. VI. Magyar Genetikai Kongresszus, VIII. Sejt- és Fejlődésbiológiai Napok, Proceedings: 185-186.
- Pepó, Pá., Tóth, Sz., Bódi, Z. Oskolás, H. **Erdei, É.** (2005): Kukoricavonalak és hibridjeik (*Zea mays* L.) fuzáriumos csőpenész rezisztenciájának vizsgálata diallél analízissel. VI. Magyar Genetikai Kongresszus, XIII. Sejt- és Fejlődésbiológiai Napok. Összefoglalók.(Szerk.: Szabó, G-Raskó,-Bacsó, Zs.-Erdélyi, M.) Eger, 2005. április, 10-12. 186-187.
- Erdei, É.**, Pepó, Pá. (2006): Gyors neutronnal indukált mutáció hatása a szemescirok (*Sorghum bicolor* L.) M₁ nemzedékénél. XII. Növénytermesztési Tudományos Napok. MTA Budapest
- Tóth, Sz.,-Pepó, Pá.,-**Erdei, É.**, -Szabó, B.,-Harangi, N.,-Imre, L.(2008): Az ökológiai öntözés lehetőségeinek értékelése a napraforgó (*Helianthus annuus* L.) esetében. 50. Georgikon Napok, Keszthely. Pannon Egyetem, PE-Georgikon Kar, 2008. szeptember 25-26. 210. ISBN 978-963-9639-31-7 Poszter
- Gyulavári, O.,-**Erdei, É.**, -Toldiné Tóth, É.,-Balassa, Gy. (2012): A kukoricavonalak és hibridek bm₃ (*brown midrib*) analógjainak *Fusarium graminearum* és vírusrezisztencia vizsgálata. XVIII. Növénytermesztési Tudományos Napok, Összefoglalók, MTA Agrártudományok Osztályának Növénytermesztési Tudományos Bizottsága, Magyar Növénytermesztők Egyesülete, MAE Genetika Szakosztálya, Szerkesztette: Veisz Ottó 2012. március 6. MTA Székháza, Budapest, ISBN:978-963-8351-38-8 84. oldal

Nemzetközi tudományos konferenciák

- Bódi, Z.,-**Erdei, É.**, - Szabó, B.,-Tóth, Sz.(2006): Induction of mutation with fast neutron in maize and sorghum. 4th International Scientific Symposium. 10-11 October 2006. Oradea. (Szerk.: Teodor Traian, M.) 163-167. ISBN (10) 973-759-158-5
- Pepó, Pá., Tóth, Sz., Oskolás H., Bódi, Z., **Erdei, É.** (2005): New types of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties based on yield. Sustainable agriculture across borders in Europe. Nemzetközi Tudományos Konferencia, Debrecen-Oradea. 252-255. ISBN 963 9274 85 2 available: www.date.hu/kiadvany/sus-agrar.pdf
- Erdei, É.**-Pepó, Pá. (2008): Sugar contents of stalk juices in sweet *Sorghum* types. Konferencia, Cereal Research Communication, Suppl. 2008. Május 2-4. 2008. vol. 36. 3. 1427-1430.
- Erdei, É.**-Pepó, Pá.-Boros, N.-Tóth, Sz.-Szabó, B.(2009): Morphological and biochemical indicators of drought tolerance in sweet Sorghum (*Sorghum dochna* L.) Cereal Research Communication 2009. 37. Suppl. 157-160. p.
- Erdei, É.** – Csapó, J. – Kovácsné Oskolás, H. – Szabó, E., – Szabó, B. (2010): Effect of sweet sorghum (*Sorghum dochna* L.) restorer lines on stalk juice nutritional parameters Növénytermelés 59. évf. Supplementum 381-384.

E. Erdei – H. Kovácsné Oskolas – G. Tikász – Pá. Pepó (2013): Heterosis and Interrelationship Study on the Values of the Maize Kernel's Major Ingredients and its Thousand Weight, Cereal Research Communication Vol.41. Nr.1. 170-181. **Impakt faktor: 0,392 (2011), 1,19 (2012).**

Nemzetközi tudományos konferencia absztrakt

Bódi, Z.,- **Erdei, É.**(2006): Induction of mutation with fast neutron in Maize and Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) XX.th International Conference of the Eucarpia Maize and Sorghum Section 20-24 June, Budapest, Book of Abstract, 73

E. Szabo. P. Balogh. Sz. Toth, H. Oskolas, G. Tikasz, **E. Erdei**. Pá. Pepo (2010): Correlations of quality parameters in winter wheat. Cereal Research Non-Profit. Ltd., Szeged. Book of abstract 3rd IFSDAA International Seminar on Crop Science for Food security, Bio-energy and Sustainability. Szeged Hungary 2010. 25.

Pá. Pepo, Sz. Toth, E. Szabo, G. Tikasz, **E. Erdei**, H. Oskolas (2010): Advancement of effectiveness in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and maize breeding. Cereal Research Non-Profit. Ltd., Szeged. Book of abstract 3rd IFSDAA International Seminar on Crop Science for Food security, Bio-energy and Sustainability. Szeged Hungary 2010. 25.

Pá. Pepó-Oskolás Kovácsné H.-Sz. Tóth-**É. Erdei** (2010). Genetic resources provided by genetic engineering Cereal Research Non-Profit. Ltd., Szeged. Book of abstract 3rd IFSDAA International Seminar on Crop Science for Food security, Bio-energy and Sustainability. Szeged Hungary 2010. 25.

Tudományos könyv

Pepó, Pá., Tóth, Sz., Bódi Z., Kovácsné Oskolás H. Kovács, A., **Erdei, É.** Szabó, E. (2007): Szántóföldi növények genetikája, nemesítése és biotechnológiája, DE AMTC Egyetemi jegyzet, Debrecen 2007. ISBN 978-963-9732-18-6. 1-131.

Ismeretterjesztő közlemények

Pepó, Pá., **Erdei, É.**, Kovácsné Oskolás, H. (2005): Az EU igényeinek megfelelő őszi búza genotípusok. Agrofórum, 16:9. 23-25.

Pepó, Pá., **Erdei, É.** Kovácsné Oskolás, H. (2005): Genetikailag módosított szervezetek hazánkban. Agrofórum, 16.10: 5-8.

Pepó, Pá.-**Erdei, É.**-Szabó, B. (2009): Változások a transzgénikus növények termesztésében, Agro Napló, 2009. 2. szám 26-27 p.

Pepó, Pá.,-**Erdei, É.** (2009): Őszi búza talaj előkészítése kukorica után, Agro Napló, 2009. 13. évf. 9. szám 28. p

Pepó, Pá, Kovácsné Oskolás, H., Tikász, G., **Erdei, É.**, Szabó, E. (2010): Az őszi búza fajták szerepe a fenntartható növénytermesztésben. Termesztési tényezők a fenntartható növénytermesztésben. Prof. Dr. Hc. Dr. Bocz Ernő professzor 90. születésnapja tiszteletére. 2010. 180-186. ISBN 978-963-9732-93.

12. MELLÉKLET

2. táblázat A cirok kísérleti rendszere

Kísérlet időtartama	Kísérlet megnevezése	Kísérlet helye	Kísérlet célja
2005. 05. 18 - 2005. 11. 15. 2006. 05. 04 - 2006. 11. 20. 2007. 05. 28 - 2007. 09. 25.	Háromgenerációs (M ₀ , M ₁ , M ₂) mutációs cirok-kísérlet (5,0; 7,5; 10,0; 12,5 Gy)	DE ATC MTK Genetika- és Nemesítési Tanszék	Agronómiailag hasznos mutánsok (7,5-10,0 Gy) detektálása az állomány morfo-fenometria tulajdonságai alapján
2007. 04. 18 - 2007. 08. 10.	A cirokvonalak leíró és fenntartó kísérlete (előkísérlet)	DE ATC MTK Genetika- és Nemesítési Tanszék	A vonalak szelekciója: cukorcirok- hibrid előállítása céljára, A nemesítési célok kitűzése
2008. 05. 02 - 2008. 08. 31.	A restorer cirokvonalak szelekciós kísérlete	DE AMTC MTK Kertészettudományi- és Növényi biotechnológiai Tanszék	A cukorcirok-vonalakból kiszelektálni a magas Brix-fokkal rendelkező vonalakat további vizsgálatok céljára
2008. 09. 20.	Kétvonalas cirok-hibridek termesztése low-input körülmények között	DE AMTC MTK Kertészettudományi Intézet	A bioetanol-előállítás céljára nemesített cirok-hibridek szemtermésének beltartalmi analízise A hibridvigor megállapítása a minőségi tulajdonságokra nézve
2009. 04. 14 - 2009. 09. 20.	Restorer cirokvonalak mintavételezéses kísérlete I.	DE AMTC MTK Kertészettudományi Intézet	A genotípusok szárlevének refrakciószázalék vizsgálata fenofázisonként és internódiumonként A szárle teljes körű minőségi analízise, Alkoholtartalom vizsgálata (ELSŐ ÉV)
2009. 04. 27 - 2009. 09. 14.	Kétvonalas cukorcirok-hibridek mintavételezéses kísérlete II.	DE AMTC MTK Kertészettudományi Intézet	A hibridfőlény megállapítása a szárle minőségi tulajdonságai és az alkohol tartalom alapján (ELSŐ ÉV)
2010. 04. 01 - 2010. 10. 24.	Restorer cirokvonalak mintavételezéses kísérlete I.	DE AMTC MTK Kertészettudományi Intézet	A genotípusok szárlevének refrakciószázalék vizsgálata fenofázisonként és internódiumonként A szárle teljes körű minőségi analízise, Alkoholtartalom vizsgálata (MÁSODIK ÉV)
2010. 04. 01 - 2010. 10. 24.	Kétvonalas cukorcirok - hibridek mintavételezéses kísérlete II.	DE AMTC MTK Kertészettudományi Intézet	A hibridfőlény megállapítása a szárle minőségi tulajdonságai és az alkohol tartalom alapján (MÁSODIK ÉV)

5. táblázat A cukorcirok-hibridek és a genetikai összetételüket alkotó hímsteril anyavonalak és fenntartó apavonalak

Genotípusok kódjai	Cirok genotípusok
Hímsteril anyavonalak (A)	
SL ₁	Ria
SL ₂	T x 3042 A= A ₁₇
SL ₃	T x 3118 A= A ₂₄
SL ₄	Wheatland A= A ₁₀₃
SL ₅	T x 398 A= A ₁₃₃
Fenntartó apavonalak (B)	
CL ₁	Rib
CL ₂	Tx3042 B= B ₁₇
CL ₃	Tx3118 B= B ₂₄
CL ₄	Wheatland B= B ₁₀₃
CL ₅	Tx398 B= B ₁₃₃
Háromvonalas cirokhibridek (A x B) x R	
SL ₁ x RL ₃	Ria x Lady red
SL ₁ x RL ₄	Ria x Sorgho sücré
SL ₁ x RL ₇	Ria x Minnesota amber
SL ₁ x RL ₁₀	Ria x Odeskoe Rannee
SL ₁ x RL ₁₂	Ria x Early sumac
SL ₁ x RL ₁₅	Ria x 'Silosnoje 3'HUN
SL ₂ x RL ₃	A ₁₇ x Lady Red
SL ₂ x RL ₄	A ₁₇ x Sorgho sücré
SL ₂ x RL ₇	A ₁₇ x Minnesota amber
SL ₂ x RL ₉	A ₁₇ x Bulgarien
SL ₂ x RL ₁₀	A ₁₇ x Odeskoe Rannee
SL ₂ x RL ₁₁	A ₁₇ x Kubanskij Jantar
SL ₂ x RL ₁₂	A ₁₇ x Early sumac
SL ₂ x RL ₁₅	A ₁₇ x 'Silosnoje 3'HUN
SL ₃ x RL ₃	A ₂₄ x Lady Red
SL ₃ x RL ₄	A ₂₄ x Sorgho sücré
SL ₃ x RL ₇	A ₂₄ x Minnesota amber
SL ₃ x RL ₉	A ₂₄ x Bulgarien
SL ₃ x RL ₁₀	A ₂₄ x Odeskoe Rannee
SL ₃ x RL ₁₁	A ₂₄ x Kubanskij Jantar
SL ₃ x RL ₁₂	A ₂₄ x Early sumac
SL ₃ x RL ₁₅	A ₂₄ x 'Silosnoje 3'HUN
SL ₃ x RL ₁₆	A ₂₄ x 'Silosnoje 3'Sowj.
SL ₃ x RL ₁₈	A ₂₄ x Honey
SL ₄ x RL ₃	A ₁₀₃ x Lady red
SL ₄ x RL ₄	A ₁₀₃ x Sorgho sücré
SL ₄ x RL ₇	A ₁₀₃ x Minnesota amber
SL ₄ x RL ₁₀	A ₁₀₃ x Odeskoe Rannee
SL ₄ x RL ₁₁	A ₁₀₃ x Kubanskij Jantar
SL ₄ x RL ₁₂	A ₁₀₃ x Early sumac
SL ₄ x RL ₁₅	A ₁₀₃ x 'Silosnoje 3'HUN
SL ₄ x RL ₁₆	A ₁₀₃ x 'Silosnoje 3'Sowj.
SL ₄ x RL ₁₈	A ₁₀₃ x Honey
SL ₅ x RL ₃	A ₁₃₃ x Lady Red
SL ₅ x RL ₄	A ₁₀₃ x Sorgho sücré
SL ₅ x RL ₇	A ₁₀₃ x Minnesota amber
SL ₅ x RL ₉	A ₁₃₃ x Bulgarien
SL ₅ x RL ₁₀	A ₁₃₃ x Odeskoe Rannee
SL ₅ x RL ₁₁	A ₁₃₃ x Kubanskij Jantar
SL ₅ x RL ₁₂	A ₁₃₃ x Early sumac
SL ₅ x RL ₁₅	A ₁₃₃ x 'Silosnoje 3 HUN'
SL ₅ x RL ₁₆	A ₁₃₃ x 'Silosnoje 3 'Sowj.
SL ₅ x RL ₁₈	A ₁₃₃ x Honey

14. táblázat A brown midrib és az izogén kukoricavonalak fenometriai tulajdonságainak varianciatáblázata

Source	Dependent Variable	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}
Évjárat	2009						2010				
Vonalak	növénymagasság	5	602,85	14,46	0,000	11,48	5	2502,63	29,87	0,000	16,28
	csőeredési magasság	5	131,02	3,72	0,029	10,55	5	355,55	6,25	0,004	13,41
	csőhossz	5	34,13	17,70	0,000	0,88	5	7,15	4,35	0,006	1,67
	csőtömeg	5	24,73,02	9,41	0,000	10,15	5	683,57	4,75	0,004	15,65
Error	növénymagasság	12	41,66				12	83,77			
	csőeredési magasság	12	35,16				12	56,88			
	csőhossz	114	1,92				24	1,64			
	csőtömeg	114	262,74				24	143,80			

16. táblázat A brown midrib és az izogén kukorica hibridek fenometriai tulajdonságainak varianciatáblázata

Source	Dependent Variable	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}
Évjárat	2010					
Hibridek	növénymagasság	5	1070,58	9,23	0,001	19,15
	csőeredési magasság	5	624,48	8,44	0,001	15,12
	csőhossz	5	18,69	6,45	0,000	1,06
	csőtömeg	5	10723,52	7,99	0,000	22,95
Error	növénymagasság	12	115,94			
	csőeredési magasság	12	72,27			
	csőhossz	114	2,89			
	csőtömeg	114	1341,53			

21. táblázat Az internódiumok mennyiségi tulajdonságainak varianciatáblázata a **GK49 bm₃ x GK42 bm₃** és az **SzeTC 465 bm₃** kukorica hibrideknél

Source	Dependent Variable	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}
Genotípus	GK49 bm ₃ x GK42 bm ₃					
	tömeg	10	1277,65	21,56	0,000	13,03
	hossz	10	16,78	54,90	0,001	3,04
	átmérő	10	0,71	5,18	0,000	0,19
Error	tömeg	22	59,24	59,24		
	hossz	22	3,23	3,23		
	átmérő	22	0,01	0,01		
	SzeTC 465 bm ₃					
Genotípus	tömeg	11	679,96	14,47	0,000	11,56
	hossz	11	19,00	8,80	0,000	2,47
	átmérő	11	0,97	30,70	0,000	0,30
Error	tömeg	24	46,97			
	hossz	24	2,15			
	átmérő	24	0,03			

36. táblázat Az aminosav (g. AS/100 g fehérje) és a nyersfehérje-tartalom alakulása a szilázsminták esetében erjedés után (2008. 08. 25.)

Genotípusok	Sze TC 465	126 x S ₁	Sze 521	Monori édes	Cellu édes	G1990	SzeTC 465 + Monori édes	126 x S ₁ + Monori édes	Sze 521 + Cellu édes	SzD _{5%}
pH-értékek	3,93	3,89	3,86	3,91	4,15	4,07	4,04	3,98	3,89	0,45
Szilázsminták	Kukoricaszilázs			Cirokszilázs			Vegyesszilázs			
Nyersfehérje-tartalom (%)	7,75	7,75	8,29	7,33	7,90	6,33	8,64	7,18	7,89	1,29 (ns)
Aszparaginsav	9,47	9,80	8,72	17,83	18,72	16,20	12,43	18,06	16,21	3,67
Treonin	4,95	4,63	4,20	4,04	4,00	4,50	4,54	4,46	3,89	0,67(ns)
Szerin	4,52	4,31	5,28	4,26	4,22	4,07	4,86	4,46	4,75	0,64(ns)
Glutaminsav	13,67	15,30	17,67	14,00	13,85	12,76	15,35	12,07	15,89	3,41(ns)
Prolin	7,42	7,54	7,54	5,79	5,08	5,79	6,91	5,54	6,05	0,93
Glicin	6,24	5,60	4,95	5,25	5,08	5,57	5,18	5,54	4,75	0,91(ns)
Alanin	10,87	11,42	10,88	10,06	9,95	10,40	9,29	10,22	9,72	0,70
Cisztin	1,61	1,61	1,61	1,31	1,40	1,28	1,62	1,63	1,62	0,063
Valin	6,56	6,24	5,71	6,01	5,95	6,00	6,05	6,20	5,62	0,60(ns)
Metionin	2,26	2,26	2,37	2,18	2,05	2,14	2,05	2,06	1,94	0,126
Izoleucin	4,52	4,31	4,09	4,26	4,22	4,29	4,43	4,24	3,89	0,40(ns)
Leucin	10,76	11,20	12,06	9,51	9,84	9,33	11,02	9,14	10,70	1,41
Tirozin	3,22	2,58	3,01	2,95	2,81	2,78	3,35	3,15	2,91	0,46(ns)
Fenilalanin	5,27	4,63	5,17	4,48	4,54	4,50	5,18	4,46	4,43	0,63(ns)
Hisztidin	2,69	2,90	2,69	2,18	2,27	2,36	2,70	2,39	2,48	0,25
Lizin	4,84	4,84	3,77	4,48	4,00	4,93	4,43	4,89	3,45	1,23
Ammónia (NH ₃)	3,55	3,66	3,44	5,25	5,30	4,72	3,99	5,00	4,75	0,72
Arginin	5,16	4,63	4,52	5,47	4,87	5,15	4,75	5,00	4,75	0,55(ns)

Jelmagyarázat: „ns”: nem szignifikáns

39. táblázat A kétvonalas kukorica genotípusok szemtermésénél vizsgált beltartalmi tulajdonságok varianciatáblázata

Genotípus		vonalak					hibridek				
Source	Dependent Variable	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}
Genotípusok	keményítő	4	24,83	17,54	0,000	2,16	4	0,99	0,14	0,962	4,78
	fehérje	4	6,92	49,67	0,000	0,67	4	1,60	0,52	0,721	3,18
	ezerszemtömeg	4	9410,76	39,00	0,000	28,25	4	4972,76	13,69	0,000	34,66
Error	keményítő	10	1,41				10	6,91			
	fehérje	10	0,13				10	3,06			
	ezerszemtömeg	10	241,26				10	363,06			

43. táblázat Az **RL₁₆** és az **RL₁₅** restorer vonalak internódiumainak mennyiségi tulajdonságaira vonatkozó varianciatáblázata

Évjárat		2009					2009				
Genotípus		RL ₁₆					RL ₁₅				
Source	Dependent Variable	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}
Internódiumok sorszáma	hossz	6	46,16	10,23	0,000	3,72	7	18,68	2,55	0,057	4,68
	átmérő	6	0,06	2,18	0,107	0,30	7	0,10	13,58	0,000	0,15
Error	hossz	14	4,51				16	7,32			
	átmérő	14	0,03				16	0,00			

44. táblázat Az RL_{16} és az RL_{15} restorer vonalak internódiumainak mennyiségi tulajdonságaira vonatkozó varianciatáblázata

Évjárat		2010					2010				
Genotípus		RL ₁₆					RL ₁₅				
Source	Dependent Variable	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}
Internódiumok sorszáma	tömeg	6	734,63	15,54	0,000	12,04	7	954,99	17,36	0,000	12,83
	hossz	6	236,69	81,93	0,000	2,97	7	231,88	23,44	0,000	5,44
	átmérő	6	0,10	8,16	0,001	0,19	7	0,08	5,00	0,004	0,22
Error	tömeg	14	47,26				16	55,00			
	hossz	14	2,88				16	9,89			
	átmérő	14	0,01				16	0,01			

48. táblázat Az $SL_1 \times RL_{12}$ és az $SL_2 \times RL_{12}$ cirokhibridek internódiumainak mennyiségi tulajdonságaira vonatkozó varianciatáblázata

Évjárat		2010					2010				
Genotípus		SL ₁ x RL ₁₂					SL ₂ x RL ₁₂				
Source	Dependent Variable	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}
Internódiumok sorszáma	tömeg	7	337,64	3,43	0,019	17,16	8	757,06	13,96	0,000	12,63
	hossz	7	149,39	14,19	0,000	5,61	8	94,96	14,35	0,000	4,41
	átmérő	7	0,072	1,57	0,214	0,37	8	0,101	4,79	0,003	0,24
Error	tömeg	16	98,30				18	54,21			
	hossz	16	10,52				18	6,61			
	átmérő	16	0,046				18	0,021			

51. táblázat A refrakciósázalék varianciatáblázata a 8 internódiumos cirokvonalaknál

Évjárat		2009					2010				
Minőségi tulajdonság		refrakciószázalék (%)									
		8 internódiumos									
Source	Dependent Variable	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}
Vonalak	refrakciószázalék virágzás	3	6,085	12,889	0,002	1,29	3	24,462	23,448	0,000	1,92
	refrakciószázalék tejesérés	3	2,167	0,595	0,636	3,59	3	29,783	39,728	0,000	1,63
	refrakciószázalék viaszérés	3	26,934	4,730	0,035	4,49	3	43,239	24,103	0,000	2,52
	refrakciószázalék teljesérés	3	41,600	96,933	0,000	1,23	3	30,994	19,325	0,001	2,38
	refrakciószázalék holtérés	3	11,991	7,223	0,012	2,42	3	32,336	10,799	0,003	3,25
Error	refrakciószázalék virágzás	8	0,472				8				
	refrakciószázalék tejesérés	8	3,644				8				
	refrakciószázalék viaszérés	8	5,695				8				
	refrakciószázalék teljesérés	8	0,429				8				
	refrakciószázalék holtérés	8	1,660				8				

53. táblázat A középső internódiumok refrakciósázalékának varianciatáblázata a cirok-vonalaknál

Évjárat		2009					2010				
Minőségi tulajdonság		refrakciószázalék (%)									
Source	Dependent Variable	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}
Vonalak											
	refrakciószázalék virágzás	9	9,485	7,700	0,000	1,89	9	15,192	11,648	0,000	1,94
	refrakciószázalék tejesérés	9	8,287	3,744	0,007	2,53	9	14,353	13,296	0,000	1,76
	refrakciószázalék viaszérés	9	12,490	1,898	0,112	4,36	9	39,548	27,437	0,000	2,04
	refrakciószázalék teljesérés	9	15,602	8,714	0,000	2,27	9	11,153	7,474	0,000	2,08
	refrakciószázalék holtérés	9	15,287	9,868	0,000	2,11	9	15,560	7,670	0,000	2,42
Error	refrakciószázalék virágzás	20	1,232				20				
	refrakciószázalék tejesérés	20	2,214				20				
	refrakciószázalék viaszérés	20	6,582				20				
	refrakciószázalék teljesérés	20	1,790				20				
	refrakciószázalék holtérés	20	1,549				20				

54. táblázat Az internódiumok refrakciósázalékának varianciatáblázata az **RL₁₆** vonalnál

Évjárat		2009					2010				
Minőségi tulajdonság		refrakciósázalék (%)									
Vonal		RL ₁₆					RL ₁₆				
Source	Dependent Variable	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}
Vonal	refrakciósázalék virágzás	6	2,595	2,659	0,062	1,73	6	0,663	0,376	0,882	2,32
	refrakciósázalék tejesérés	6	12,770	41,256	0,000	0,97	6	5,688	3,771	0,019	2,150
	refrakciósázalék viaszérés	6	2,994	0,119	0,992	8,79	6	3,695	1,304	0,318	2,94
	refrakciósázalék teljesérés	6	6,852	0,738	0,628	5,33	6	2,806	1,443	0,267	2,44
	refrakciósázalék holtérés	6	2,505	1,016	0,454	2,75	6	7,929	0,425	0,850	7,56
Error	refrakciósázalék virágzás	14	0,976				14	1,762			
	refrakciósázalék tejesérés	14	0,310				14	1,508			
	refrakciósázalék viaszérés	14	25,225				14	2,833			
	refrakciósázalék teljesérés	14	9,279				14	1,944			
	refrakciósázalék holtérés	14	2,466				14	18,655			

56. táblázat Az internódiumok refrakciósázalékának varianciatáblázata az **RL₁₅** vonalnál

Évjárat			2009				2010					
Minőségi tulajdonság			refrakciósázalék (%)									
Vonalak		RL ₁₅						RL ₁₅				
Source	Dependent Variable	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}	
Internódiumok	refrakciósázalék virágzás	7	2,439	0,663	0,700	3,31	7	1,399	1,767	0,164	1,54	
	refrakciósázalék tejesérés	7	1,910	0,426	0,872	3,66	7	4,001	1,742	0,169	2,62	
	refrakciósázalék viaszérés	7	8,292	2,757	0,044	3,00	7	6,644	1,046	0,439	4,36	
	refrakciósázalék teljesérés	7	4,541	1,700	0,179	2,82	7	4,808	1,193	0,361	3,47	
	refrakciósázalék holtérés	7	3,820	8,669	0,000	1,14	7	6,618	0,679	0,688	5,40	
Error	refrakciósázalék virágzás	16	3,677				16	0,792				
	refrakciósázalék tejesérés	16	4,478				16	2,298				
	refrakciósázalék viaszérés	16	3,008				16	6,355				
	refrakciósázalék teljesérés	16	2,671				16	4,031				
	refrakciósázalék holtérés	16	0,441				16	9,741				

58. táblázat Az internódiumok refrakciósázalékának varianciatáblázata a 8 internódiumos cirokhibrideknél

Évjárat		2009					2010				
Minőségi tulajdonság		refrakciószázalék (%)									
		8 internódiumos									
Source	Dependent Variable	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}
Vonalak	refrakciószázalék virágzás	5	11,607	51,945	0,000	0,84	5	28,051	86,313	0,000	1,01
	refrakciószázalék tejesérés	5	8,043	5,423	0,008	2,16	5	28,355	47,367	0,000	1,37
	refrakciószázalék viaszérés	5	14,837	52,123	0,000	0,94	5	42,006	45,035	0,000	1,71
	refrakciószázalék teljesérés	5	16,796	50,764	0,000	1,02	5	62,867	81,709	0,000	1,56
Error	refrakciószázalék virágzás	12	0,223				12	0,325			
	refrakciószázalék tejesérés	12	1,483				12	0,599			
	refrakciószázalék viaszérés	12	0,285				12	0,933			
	refrakciószázalék teljesérés	12	0,331				12	0,769			

60. táblázat Az internódiumok refrakciósázalékának varianciatáblázata a 9 internódiumos cirokhibrideknél

Évjárat		2009					2010				
Minőségi tulajdonság		refrakciósázalék (%)									
		9 internódiumos									
Source	Dependent Variable	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}
Vonalak	refrakciósázalék virágzás	6	10,487	13,967	0,000	1,51	6	16,111	28,612	0,000	1,31
	refrakciósázalék tejesérés	6	3,468	11,912	0,000	0,94	6	8,215	38,824	0,000	0,80
	refrakciósázalék viaszérés	6	9,727	35,206	0,000	0,92	6	7,973	27,876	0,000	0,93
	refrakciósázalék teljesérés	6	1,823	15,008	0,000	0,60	6	10,759	27,504	0,000	1,09
Error	refrakciósázalék virágzás	14	0,751				14	0,563			
	refrakciósázalék tejesérés	14	0,291				14	0,212			
	refrakciósázalék viaszérés	14	0,276				14	0,286			
	refrakciósázalék teljesérés	14	0,121				14	0,391			

61. táblázat Az internódiumok refrakciósázalékának varianciatáblázata a 7 internódiumos cirokhibrideknél

Évjárat		2009					2010				
Minőségi tulajdonság		refrakciósázalék (%)									
		7 internódiumos									
Source	Dependent Variable	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}
Vonalak	refrakciósázalék virágzás	2	5,090	74,597	0,000	0,52	2	0,013	0,076	0,928	0,81
	refrakciósázalék tejesérés	2	0,516	4,286	0,070	0,69	2	13,041	59,085	0,000	0,93
	refrakciósázalék viaszérés	2	9,574	61,588	0,000	0,78	2	19,595	12,191	0,008	2,53
	refrakciósázalék teljesérés	2	16,128	31,258	0,001	1,43	2	12,938	14,502	0,005	1,88
Error	refrakciósázalék virágzás	6	0,068				6	0,168			
	refrakciósázalék tejesérés	6	0,120				6	0,221			
	refrakciósázalék viaszérés	6	0,155				6	1,607			
	refrakciósázalék teljesérés	6	0,516				6	0,892			

63. táblázat A középső internódium refrakciósázalékának varianciatáblázata a cirokhibrideknél

Évjárat		2009					2010				
Minőségi tulajdonság		refrakciósázalék (%)									
Source	Dependent Variable	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}
Hibridek	refrakciósázalék virágzás	23	10,20	18,75	0,000	1,21	23	18,25	48,80	0,000	1,00
	refrakciósázalék tejesérés	23	6,73	9,55	0,000	1,37	23	12,93	28,83	0,000	1,10
	refrakciósázalék viaszérés	23	12,95	29,52	0,000	1,08	23	18,54	21,77	0,000	1,51
	refrakciósázalék teljesérés	23	9,19	25,55	0,000	0,98	23	20,45	31,44	0,000	1,32
Error	refrakciósázalék virágzás	48	0,54				48	0,37			
	refrakciósázalék tejesérés	48	0,70				48	0,44			
	refrakciósázalék viaszérés	48	0,43				48	0,85			
	refrakciósázalék teljesérés	48	0,36				48	0,65			

64. táblázat Az internódiumok refrakciósázalékának varianciatáblázata az $SL_1 \times RL_{12}$ hibridnél

Évjárat		2009					2010				
Minőségi tulajdonság		refrakciósázalék (%)									
Hibrid		SL ₁ x RL ₁₂					SL ₁ xRL ₁₂				
Source	Dependent Variable	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}
Vonalak	refrakciósázalék virágzás	7	4,262	1,777	0,161	2,68	7	0,306	0,512	0,812	1,33
	refrakciósázalék tejesérés	7	2,304	2,730	0,046	1,59	7	2,150	1,652	0,192	1,97
	refrakciósázalék viaszérés	7	3,476	2,927	0,036	1,88	7	4,893	2,456	0,065	2,44
	refrakciósázalék teljesérés	7	2,152	0,519	0,808	3,52	7	8,565	5,959	0,002	2,07
Error	refrakciósázalék virágzás	16	2,398				16	0,597			
	refrakciósázalék tejesérés	16	0,844				16	1,302			
	refrakciósázalék viaszérés	16	1,188				16	1,993			
	refrakciósázalék teljesérés	16	4,149				16	1,438			

66. táblázat A refrakciósázalék varianciatáblázata az $SL_2 \times RL_{12}$ cirokhibridnél az egyes internódiumokban

Évjárat		2009					2010					
Minőségi tulajdonság		refrakciószázalék (%)										
Hibrid		SL ₂ x RL ₁₂						SL ₂ x RL ₁₂				
Source	Dependent Variable	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}	
Vonalak	refrakciószázalék virágzás	8	1,940	4,042	0,007	1,18	8	0,363	1,869	0,129	0,75	
	refrakciószázalék tejesérés	8	1,847	1,835	0,136	1,72	8	0,809	0,816	0,598	1,70	
	refrakciószázalék viaszérés	8	0,898	0,705	0,684	1,93	8	5,377	4,310	0,005	1,91	
	refrakciószázalék teljesérés	8	4,015	1,302	0,303	3,01	8	3,788	2,499	0,051	2,11	
Error	refrakciószázalék virágzás	18	0,480				18	0,194				
	refrakciószázalék tejesérés	18	1,007				18	0,991				
	refrakciószázalék viaszérés	18	1,274				18	1,247				
	refrakciószázalék teljesérés	18	3,083				18	1,516				

68. táblázat A restorer cirokvonalak szárlétartalmának varianciatáblázata a vegetációs fenofázisban

Source	Dependent Variable	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}
Évjárat						
2009						
Vonalak	tejesérés					
	refrakciósázalék	6	5,59	1,72	0,188	3,15
	összes cukor	6	8,34	3,12	0,037	2,86
	redukáló cukor	6	1,31	3,24	0,033	1,11
	nem-redukáló cukor	6	4,63	1,76	0,178	2,83
	viaszérés					
	refrakciósázalék	6	14,62	6,85	0,001	2,55
	összes cukor	6	22,13	13,96	0,000	2,20
	redukáló cukor	6	4,72	17,82	0,000	0,90
	nem-redukáló cukor	6	42,96	28,42	0,000	2,15
	teljesérés					
	refrakciósázalék	6	23,81	8,06	0,001	3,00
	összes cukor	6	41,81	17,25	0,000	2,72
	redukáló cukor	6	1,31	2,91	0,046	1,17
	nem-redukáló cukor	6	40,97	22,65	0,000	2,35
Error	tejesérés					
	refrakciósázalék	14	3,24			
	összes cukor	14	2,67			
	redukáló cukor	14	0,40			
	nem-redukáló cukor	14	2,62			
	viaszérés					
	refrakciósázalék	14	2,13			
	összes cukor	14	1,58			
	redukáló cukor	14	0,26			
	nem-redukáló cukor	14	1,51			
	teljesérés					
	refrakciósázalék	14	2,95			
	összes cukor	14	2,42			
	redukáló cukor	14	0,45			
	nem-redukáló cukor	14	1,80			

72. táblázat A cirokhibridek beltartalmi tulajdonságainak varianciatáblázata a vegetációs periódusban

Source	Dependent Variable	df	MQ	F	Sig.	SzD _{5%}
Évjárat	2010					
	teljesérés					
Hibridek	refrakciósázalék	11	29,87	15,74	0,000	2,32
	összes cukor	11	13,31	7,55	0,000	2,23
	redukáló cukor	11	5,77	37,48	0,000	0,66
	nem-redukáló cukor	11	18,93	10,52	0,000	2,26
	teljesérés					
Error	refrakciósázalék	24	1,89			
	összes cukor	24	1,76			
	redukáló cukor	24	0,15			
	nem-redukáló cukor	24	1,80			

74. táblázat A cirok genotípusok alkohol kihozatalának elemzése

Mintavétel időpontja	2009. 09. 01.		Mintavétel időpontja		2010. 08. 30.	
Círok genotípusok csoportjai	Alkohol-kihozatal (%) (V/V)	Genotípusok	Círok genotípusok csoportjai		Alkohol-kihozatal (%) (V/V)	
SL ₁ -hibridek	3,73	SL ₁ x RL ₃	Hibrid 1.	Vonal 1.	2,45	2,38
		SL ₁ x RL ₄				
		SL ₁ x RL ₁₀				
		SL ₁ x RL ₁₂				
		SL ₁ x RL ₁₅				
SL ₂ -hibridek	3,79	SL ₂ x RL ₃	Hibrid 2.	Vonal 2.	2,45	2,38
		SL ₂ x RL ₁₀				
		SL ₂ x RL ₁₁				
		SL ₂ x RL ₁₂				
		SL ₂ x RL ₁₅				
SL ₃ -hibridek	5,74	SL ₂ x RL ₁₈	Hibrid 3.	Vonal 3.	2,45	2,38
		SL ₃ x RL ₄				
		SL ₃ x RL ₃				
		SL ₃ x RL ₇				
		SL ₃ x RL ₉				
		SL ₃ x RL ₁₀				
		SL ₃ x RL ₁₁				
		SL ₃ x RL ₁₂				
		SL ₃ x RL ₁₅				
SL ₄ -hibridek	6,23	SL ₃ x RL ₁₆	Hibrid 4.	Vonal 4.	2,45	2,38
		SL ₃ x RL ₁₈				
		SL ₄ x RL ₃				
		SL ₄ x RL ₄				
		SL ₄ x RL ₇				
		SL ₄ x RL ₁₀				
		SL ₄ x RL ₁₁				
		SL ₄ x RL ₁₂				
SL ₅ -hibridek	2,93	SL ₄ x RL ₁₅	Hibrid 5.	Vonal 5.	2,45	2,38
		SL ₄ x RL ₁₆				
		SL ₄ x RL ₁₈				
		SL ₅ x RL ₃				
		SL ₅ x RL ₄				
		SL ₅ x RL ₇				
		SL ₅ x RL ₁₀				
		SL ₅ x RL ₁₁				
		SL ₅ x RL ₁₂				
		SL ₅ x RL ₁₅				
		SL ₅ x RL ₁₆				
átlag	4,48		átlag		2,45	2,38
SzD _{5%}	0,057		SzD _{5%}		„ns”	„ns”

10. táblázat A kukoricakísérletek betakarításának és mintavételeinek bemutatása

Kísérlet nemesítési céljai	Bioetanol-előállítás céljára nemesített kukorica		Szilázs minőségének javítására nemesített kukoricák				Szilázs készítésre nemesített növények			
							FAO 400		FAO 500	
Genotípusok	vonalak	hibridek	brown midrib vonalak	brown midrib hibridek	izogén vonalak	izogén hibridek	kukorica	cirok	kukorica	cirok
	S ₁	S ₁ x S ₄	GK42	GK42 x GK43	GK42	GK42 x GK43	SzeTC 465	Róna-4	Sze 521	Cellu édes
	S ₄	S ₁ x S ₆	GK43	GK49 x GK42	GK43	GK49 x GK42	126 x S ₁	Monori édes		G 1990
	S ₅	S ₄ x S ₆	GK49	SzeTC 465	GK49	SzeTC 465	SzeTC 465+Róna-4, SzeTC 465 bm ₃ +Róna-4		Sze 521+Cellu édes	
	S ₆	S ₅ x S ₁					SzeTC 465+Monori édes, SzeTC 465 bm ₃ +Monori édes			
	126	126 x S ₁					126 x S ₁ +Monori édes			
Betakarítás ideje	2008. 10. 15. Teljesérés		2008. 08. 20. Viaszérés	2010. 08. 15 Viaszérés-teljesérés	2008. 08. 20. Viaszérés	2010. 08. 15 Viaszérés-Teljesérés	2008. 08. 11. Viaszérés		2008. 08. 25. Viaszérés-Teljesérés	
Betakarítás menete	Kézi csőtörés		Kézi szárvágóval							
Mintavételezés, Minta előkészítés	1. Korongozás 2. Szárítás tömegállandóságig 3. Morzsolás 4. Tömegmérés		1. Növényi részek aprítása 2. Minta: szár, levél, szecska, cső tárolása (0,5-1,0kg) hűtőben	1. Növények aprítása szecskavágóval 2. Miniszilázs készítése	1. Növényi részek aprítása 2. Minta: szár, levél, szecska, cső tárolása (0,5-1,0kg) hűtőben	1. Szecskavágóval (komposztaprító) feldolgozás, 3. A szilázs 12 literes vödörbe való tömörítése. 600 kg/m ³ tömörítési szabvány 1db 12 literes vödör 0.012 m ³ , a töltési súly 7,2 kg 1 kezelésből ez 3 ismétlésben 21,6 kg anyagot jelent hibridenként (kezelésenként)				
Vizsgálatok megnevezése	Szemtermésből: Keményítő, Nyersfehérje, Ezerszemtömeg mérése		Növényi részekből: NDF, ADF, ADL, betakarításkori sz.a. vizsgálat	pH –mérés, betakarításkori sz.a. tartalom nyersfehérje-, nyerszsír-, nyersrost,- NDF-, ADF-ADL-tartalom analizálása	Növényi részekből: NDF, ADF, ADL, betakarításkori sz.a. vizsgálat	pH –mérés, betakarításkori sz.a. tartalom meghatározása, nyersfehérje-, nyerszsír-, nyersrost-, NDF-, ADF-, ADL-tartalom analizálása				
Vizsgálatok módszere	NIR-készülék			Van-Soest-módszer	NIR-készülék	Van-Soest -módszer				

24. táblázat A rostfrakciók korrelációs mátrixa a **GK42 izogén** vonal növényi részeinél

GK42izo.leveél	ADL	NDF	ADF	szár	ADL	NDF	ADF	cső	ADL	NDF	ADF	szecska	ADL	NDF	ADF
ADL	1	0,626	0,679	ADL	1	0,406	-0,534	ADL	1	0,676	0,215	ADL	1	-0,056	-0,173
NDF	0,626	1	0,976**	NDF	0,406	1	0,508	NDF	0,676	1	0,676	NDF	-0,056	1	-0,133
ADF	0,679	0,976**	1	ADF	-0,534	0,508	1	ADF	0,215	0,676	1	ADF	-0,173	-0,133	1

A korreláció 0,01** szinten szignifikáns

25. táblázat A rostfrakciók korrelációs mátrixa a **GK42 bm₃** vonal növényi részeinél

GK42bm ₃ leveél	ADL	NDF	ADF	szár	ADL	NDF	ADF	cső	ADL	NDF	ADF	szecska	ADL	NDF	ADF
ADL	1	-0,860	-0,953*	ADL	1	0,340	-0,463	ADL	1	0,351	-0,277	ADL	1	-0,157	-0,063
NDF	-0,860	1	0,959**	NDF	0,340	1	0,629	NDF	0,351	1	0,559	NDF	-0,157	1	-0,152
ADF	-0,953*	0,959**	1	ADF	-0,463	0,629	1	ADF	-0,277	0,559	1	ADF	-0,063	-0,152	1

A korreláció 0,01** és 0,05* szinten szignifikáns

26. táblázat A rostfrakciók korrelációs mátrixa a **GK43 izogén** vonal növényi részeinél

GK43izo.leveél	ADL	NDF	ADF	szár	ADL	NDF	ADF	cső	ADL	NDF	ADF	szecska	ADL	NDF	ADF
ADL	1	-0,772	-0,901*	ADL	1	-0,277	-0,669	ADL	1	0,547	-0,148	ADL	1	0,630	0,621
NDF	-0,772	1	0,909*	NDF	-0,277	1	0,882*	NDF	0,547	1	-0,160	NDF	0,630	1	0,959**
ADF	-0,901*	0,909*	1	ADF	-0,669	0,882*	1	ADF	-0,148	-0,160	1	ADF	0,621	0,959**	1

A korreláció 0,01** és 0,05* szinten szignifikáns

27. táblázat A rostfrakciók korrelációs mátrixa a **GK43 bm₃** vonal növényi részeinél

GK43bm ₃ leveél	ADL	NDF	ADF	szár	ADL	NDF	ADF	cső	ADL	NDF	ADF	szecska	ADL	NDF	ADF
ADL	1	0,144	-0,445	ADL	1	-0,397	0,281	ADL	1	-0,738	-0,261	ADL	1	0,957*	-0,096
NDF	0,144	1	0,591	NDF	-0,397	1	0,688	NDF	-0,738	1	0,733	NDF	0,957*	1	-0,282
ADF	-0,445	0,591	1	ADF	0,281	0,688	1	ADF	-0,261	0,733	1	ADF	-0,096	-0,282	1

A korreláció 0,05* szinten szignifikáns

28. táblázat A rostfrakciók korrelációs mátrixa a **GK49 izogén** vonal növényi részeinél

GK49izo.leveél	ADL	NDF	ADF	szár	ADL	NDF	ADF	cső	ADL	NDF	ADF	szecska	ADL	NDF	ADF
ADL	1	0,319	0,596	ADL	1	-0,078	-0,465	ADL	1	0,024	-0,891*	ADL	1	-0,313	-0,522
NDF	0,319	1	0,882*	NDF	-0,078	1	-0,172	NDF	0,024	1	-0,123	NDF	-0,313	1	0,914*
ADF	0,596	0,882*	1	ADF	-0,465	-0,172	1	ADF	-0,891*	-0,123	1	ADF	-0,522	0,914*	1

A korreláció 0,05* szinten szignifikáns

29. táblázat A rostfrakciók korrelációs mátrixa a **GK49 bm₃** vonal növényi részeinél

GK49bm ₃ levél	ADL	NDF	ADF	szár	ADL	NDF	ADF	cső	ADL	NDF	ADF	szecska	ADL	NDF	ADF
ADL	1	0,133	-0,601	ADL	1	-0,504	0,852	ADL	1	0,836	0,943*	ADL	1	-0,745	-0,840
NDF	0,133	1	-0,065	NDF	-0,504	1	-0,219	NDF	0,836	1	0,797	NDF	-0,745	1	0,979**
ADF	-0,601	-0,065	1	ADF	0,852	-0,219	1	ADF	0,943*	0,797	1	ADF	-0,840	0,979**	1

A korreláció 0,01** és 0,05* szinten szignifikáns

30. táblázat A rostfrakciók korrelációs mátrixa az **SzeTC 465 izogén** hibrid növényi részeinél

SzeTC465levél	ADL	ADF	NDF	szár	ADL	ADF	NDF	cső	ADL	ADF	NDF	szecska	ADL	ADF	NDF
ADL	1	0,549	0,968**	ADL	1	-0,597	-0,280	ADL	1	0,383	-0,697	ADL	1	-0,203	0,243
ADF	0,549	1	0,540	ADF	-0,597	1	0,569	ADF	0,383	1	-0,850	ADF	-0,203	1	-0,175
NDF	0,968**	0,540	1	NDF	-0,280	0,569	1	NDF	-0,697	-0,850	1	NDF	0,243	-0,175	1

A korreláció 0,01**szinten szignifikáns

32. táblázat Az izogén kukoricaszilázs-minták emészthetőségi tulajdonságainak korrelációs mátrixa

kukorica izo.	szárazanyag	pH	nyersfehérje	nyersrost	NDF	ADF	ADL
szárazanyag	1	0,944*	0,487	0,023	-0,901*	-0,927**	-0,743
pH	0,944**	1	0,399	-0,021	-0,965**	-0,986**	-0,863*
nyersfehérje	0,487	0,399	1	0,729	-0,383	-0,260	0,110
nyersrost	0,023	-0,021	0,729	1	-0,073	0,176	0,360
NDF	-0,901*	-0,965**	-0,383	-0,073	1	0,934**	0,858*
ADF	-0,927**	-0,986**	-0,260	0,176	0,934**	1	0,914*
ADL	-0,743	-0,863*	0,110	0,360	0,858*	0,914*	1

A korreláció **0,01 szinten és *0,05 szinten szignifikáns

35. táblázat Az izogén kukoricából és cirokból készült vegyes vetés szilázsminták emészthetőségi tulajdonságainak korrelációs mátrixa

vegyes izo.	szárazanyag	pH	nyersfehérje	nyersrost	NDF	ADF	ADL
szárazanyag	1	0,829*	0,417	-0,726	0,492	0,157	0,890*
pH	0,829*	1	-0,085	-0,841*	-0,002	0,083	0,934**
nyersfehérje	0,417	-0,085	1	0,012	0,807	0,439	0,195
nyersrost	-0,726	-0,841*	0,012	1	-0,126	-0,451	-0,739
NDF	0,492	-0,02	0,807	-0,126	1	0,443	0,098
ADF	0,157	0,083	0,439	-0,451	0,443	1	0,091
ADL	0,890*	0,934**	0,195	-0,739	0,098		1

A korreláció **0,01 szinten és *0,05 szinten szignifikáns

37. táblázat Az aminosavak és a nyersfehérje korrelációs mátrixa a szilázsmintáknál

	Asn	Thr	Ser	Gln	Pro.	Gly	Ala.	Cys	Val	Met	Ile	Leu.	Tyr	Phe	His	Lys	NH3	Arg	Ny.f.
Asn	1	-0,57	-0,55	-0,59	-0,98*	-0,30	-0,59	-0,55	-0,26	-0,72*	-0,29	-0,85**	-0,12	-0,79*	-0,90**	-0,06	0,99**	0,49	-0,46
Thr	-0,57	1	-0,09	-0,28	0,56	0,88*	0,46	0,29	0,85**	0,41	0,81**	0,12	0,28	0,54	0,58	0,77*	-0,61	0,07	-0,09
Ser	-0,55	-0,09	1	0,78*	0,55	-0,41	-0,07	0,66*	-0,40	0,23	-0,30	0,77*	0,48	0,63	0,47	-0,57	-0,57	-0,63	0,73*
Gln	-0,59	-0,28	0,78*	1	0,60	-0,55	0,10	0,41	-0,55	0,32	-0,42	0,90**	-0,04	0,43	0,52	-0,69*	-0,56	-0,70*	0,72*
Pro.	-0,98*	0,56	0,55	0,60	1	0,29	0,56	0,58	0,26	0,69*	0,28	0,84**	0,14	0,75*	0,90**	0,07	-0,97**	-0,45	0,047
Gly	-0,30	0,88**	-0,41	-0,55	0,29	1	0,51	0,02	0,94**	0,38	0,80**	-0,18	0,13	0,28	0,25	0,84**	-0,31	0,42	-0,36
Ala.	-0,59	0,46	-0,07	0,10	0,56	0,51	1	0,13	0,39	0,80**	0,17	0,32	-0,47	0,15	0,49	0,36	-0,55	-0,15	-0,20
Cys	-0,55	0,29	0,66*	0,41	0,58	0,02	0,13	1	0,11	0,04	-0,05	0,61	0,39	0,46	0,72*	-0,17	-0,60	-0,65	0,63
Val	-0,26	0,85**	-0,40	-0,55	0,26	0,94**	0,39	0,11	1	0,28	0,87**	-0,18	0,22	0,29	0,27	0,82**	-0,26	0,38	-0,17
Met	-0,72*	0,41	0,23	0,32	0,69*	0,38	0,80*	0,04	0,28	1	0,31	0,48	-0,11	0,52	0,45	0,25	-0,66**	-0,08	0,04
Ile	-0,29	0,81**	-0,30	-0,42	0,28	0,80**	0,17	-0,05	0,87**	0,31	1	-0,09	0,35	0,49	0,25	0,78*	-0,30	0,35	-0,03
Leu.	-0,85**	0,12	0,77*	0,90**	0,84**	-0,18	0,32	0,61	-0,18	0,48	-0,09	1	0,07	0,69*	0,80**	-0,42	-0,84**	-0,74*	0,75*
Tyr	-0,12	0,28	0,48	-0,04	0,14	0,13	-0,47	0,39	0,22	-0,11	0,35	0,07	1	0,60	0,05	0,03	-0,17	0,12	0,39
Phe	-0,79*	0,54	0,63	0,43	0,75*	0,28	0,15	0,46	0,29	0,52	0,49	0,69*	0,60	1	0,62	0,01	-0,80**	-0,28	0,60
His	-0,90**	0,58	0,47	0,52	0,90**	0,25	0,49	0,72*	0,27	0,45	0,25	0,80**	0,05	0,62	1	0,09	-0,92**	-0,64	0,50
Lys	-0,06	0,77*	-0,57	-0,69*	0,07	0,84**	0,36	-0,17	0,82**	0,25	0,78*	-0,42	0,03	0,01	0,09	1	-0,08	0,46	-0,53
NH3	0,99**	-0,61	-0,57	-0,56	-0,97**	-0,31	-0,55	-0,60	-0,26	-0,66*	-0,30	-0,84**	-0,17	-0,80**	-0,92**	-0,08	1	0,52	-0,46
Arg	0,49	0,07	-0,63	-0,70*	-0,45	0,42	-0,15	-0,65	0,38	-0,08	0,35	-0,74**	0,12	-0,28	-0,66	0,46	0,52	1	-0,62
Ny.f.	-0,46	-0,09	0,73*	0,72*	0,47	-0,36	-0,20	0,63	-0,17	0,04	-0,03	0,75*	0,39	0,60	0,50	-0,53	-0,46	-0,62	1

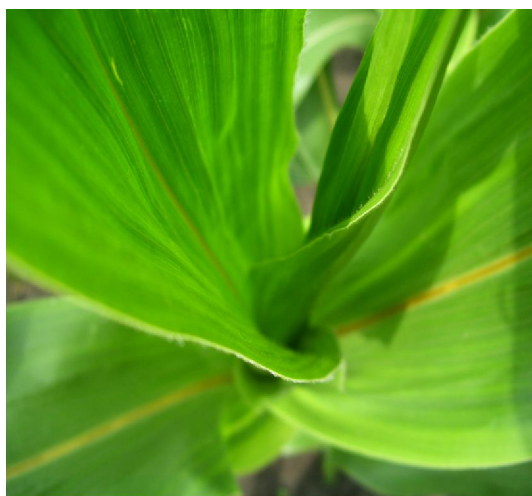
A korreláció **0,01 és *0,05 szinten szignifikáns

1. melléklet A mutáció eredményei a szemescirok és a kukorica állományokban

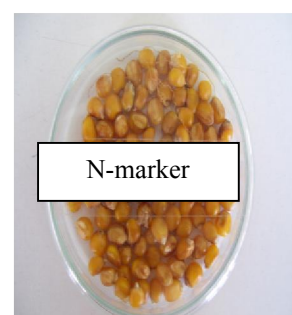
1/a 10 Gray sugárdózissal kezelt *Zádor* szemescirok albínó csíranövények preparátumai és kallusznövekedésük táptalajon (M₂-nemzedék)



1/b Fenotípusos marker a *bm₃* kukoricánál

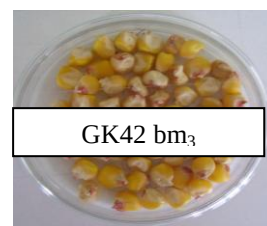
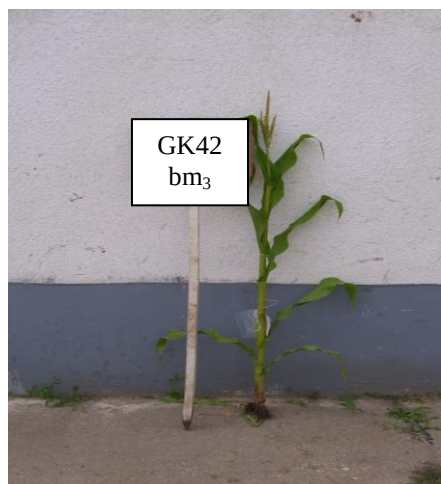


1/c GK43 BC hasadó nemzedék

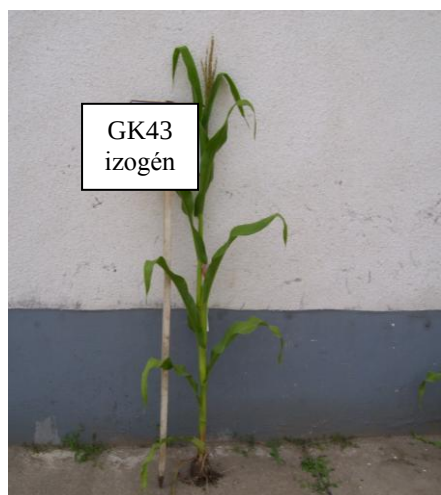


2. melléklet A brown midrib (bm_3) és izogén kukoricavonalak a vegetációs periódusban

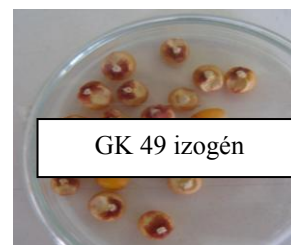
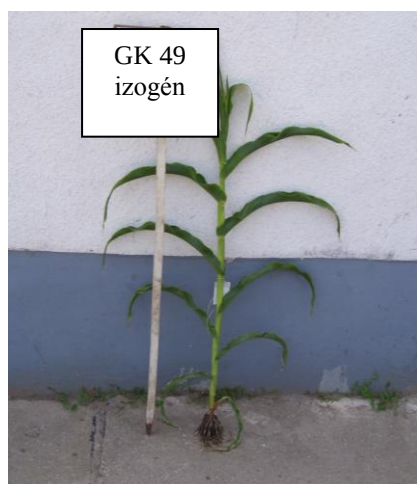
2/a GK42 bm_3 kukoricavonal



2/b GK43 izogén kukoricavonal

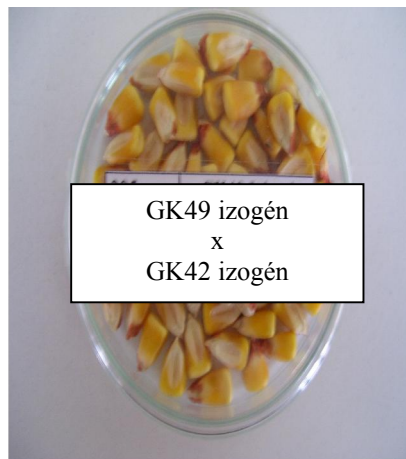


2/c GK49 izogén kukoricavonal

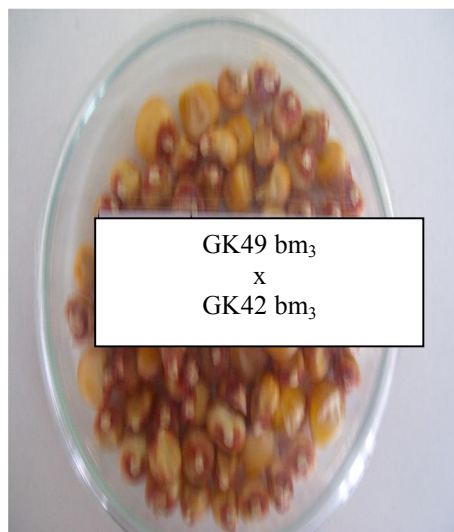


3. melléklet A brown midrib (bm_3) és az izogén kukorica hibridek a vegetációs periódusban

3/a GK49 izogén x GK42 izogén



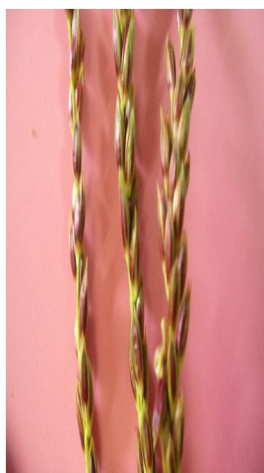
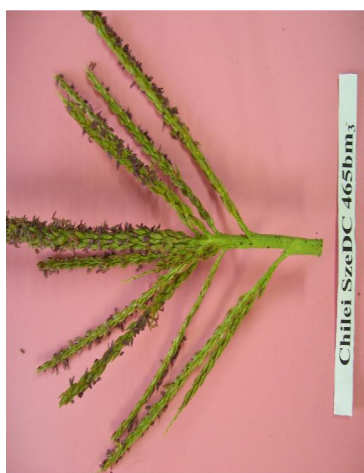
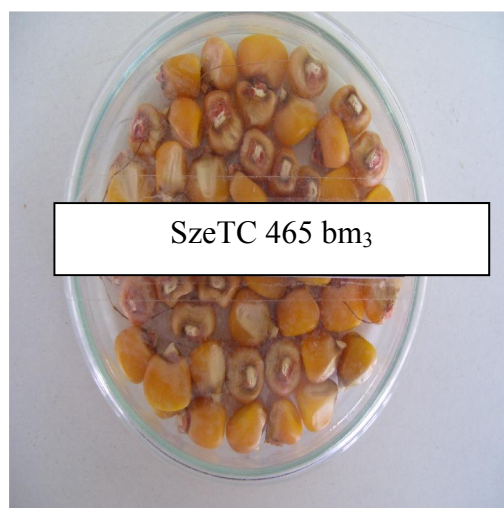
3/b GK49 bm_3 x GK42 bm_3



3/c SzeTC 465



3/d SzeTC 465 bm₃



4. melléklet A cirok keresztezési partnerek

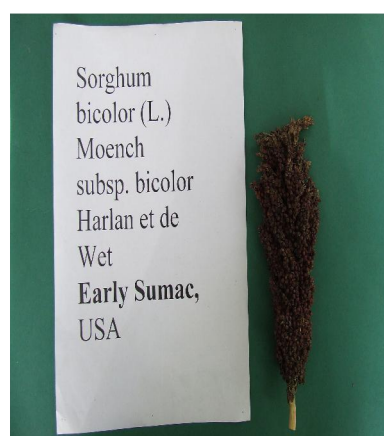
4/a Izolált hímsteril anyavonal



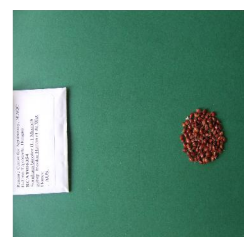
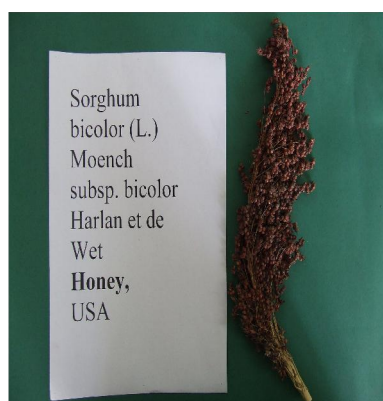
4/b Izolált fenntartó apavonal



4/c *Early sumac* (RL₁₂)



4/d *Honey* (RL₁₈)



4/e B_{103}



4/f B_{133}



4/g $SL_1 \times RL_{12}$



4/h $SL_3 \times RL_3$



5. melléklet A bioetanol előállítás lépései

5/a A cirokszár felaprítása



5/b Cirokprés profilos hengerei



5/c Szőlőprés



5/d Kipréselt ciroklé



5/e Fermentor



5/f Bioetanol

