

**Doktori PhD értekezés tézisei**

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

*Készítette:*

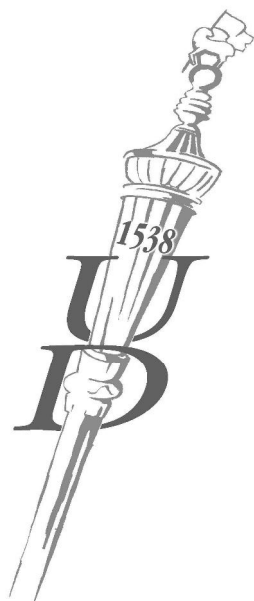
**Erdei Éva**

*Témavezető:*

**Dr. habil Pepó Pál**

mg. tudományok kandidátusa

egyetemi tanár



**DEBRECENI EGYETEM**

**Hankóczy Jenő Növénytermesztési, Kertészeti és Élelmiszertudományok Doktori Iskola**

Debrecen, 2013.

# **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 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.

Időközben megváltozott az a nemesítési elképzelés, hogy külön siló- és kettős hasznosítású kukoricahibrideket termesszenek. A silókukorica-hibridek vonatkozásában érvényesült egy második szempont, mégpedig az, hogy jobb legyen az emészthetőség és megmaradjon a nagy szárazanyaghozam. Ehhez a nemesítési célkitűzéshez felhasználták a back-cross keresztezés módszerét, amelynek segítségével alacsony lignintartalmat kódoló *bm*-géneket ültetnek be izogén kukoricahibridekbe. A brown midrib kukoricahibridek a nemesítésnek egy új irányvonalát képviselik. A brown midrib kukoricából készült szilázs emészthetőségi tulajdonságai 14%-kal jobbak voltak, mint az izogénjeiké és a kisebb rosttartalmuk miatt jobb biogázkihozataalt eredményeznek. Ezek a *bm*-genotípusok energiatakarékos hibridek. Az egész szilázs emészthetőségét meghatározza a növényi sejtek neutrális detergens rosttartalma (NDF), savdetergens rosttartalma (ADF) és a savdetergens lignintartalma (ADL).

A népesség növekvő energiaigénye miatt előtérbe került a kukorica alternatív (bioetanol, biogáz) célra történő felhasználása. A bioetanol célú felhasználás szempontjából lényeges a szemtermés etanolkihozatala. A bioetanol-előállítás céljaira nemesített, nagy keményítőtartalmú és alacsony fehérjetartalmú hibridek low input rendszerben is termesztethők.

Az alternatív növények közül kiemelt szerepe van a magas keményítő és cukortartalmuk alapján a silócirkoknak. A citoplazmatikus himsterilitás felfedezésével a hibridizációnak köszönhetően Magyarországon is bővül a termesztendő cirokfajták és hibridek köre.

## 1.2. Célkitűzések

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

- Brown midrib kukoricahibridek, izogén partnereik és szülői vonalaik nemesítése, morfológiai, fenometria 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 *bm<sub>3</sub>* kukoricahibridekből, cirokból és azok vegyes kombinációiból készült szilázs emészthetőségi tulajdonságainak részletes elemzése;
- Hagyományos kukorica, cirok- és vegyes (kukorica+cirok) szilázs aminosav- és nyersfehérjetartalmának vizsgálata és az aminosavak összefüggései;
- ❖ A restorer cirokvonalak és cirokhibridek nemesítése, morfológiai, fenometria 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. Anyag és módszer

### 2.1. 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 *1. táblázatban* feltüntetett vizsgálatokat végeztük el.

*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)                                         | Szilázminták összehasonlítása az aminosavtartalmuk 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<br>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 szilázminták összehasonlítása az emészthetőségi tulajdonságaik alapján                     |

### 2.2. A cirok kísérleti rendszer jellemzői

A cirokkísérlet beállítására a Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centrumának Bemutatókertjében került sor 2005-2010-ig. A kísérlet keretein belül a *2. táblázatban* feltüntetett vizsgálatokat végeztük el.

### 2.3. A hibridek előállításának menete

A cirokhibrideket a Comstock-Robinson (1952) II. faktoriális párosítási modellje szerint állítottuk elő. A hímsteril anyavonalakat (A) kereszteztük a fenntartó apavonalakkal (B) és így hímsteril anyavonalakat (A x B) kaptunk, amelyek keresztezési partnerei voltak a restorer apavonalaknak (R). A brown midrib kétvonalas kukoricahibrideket és izogénjeiket keresztezéssel állítottuk elő.

**2. táblázat** A cirokkísérleti rendszere

| Kísérlet időtartama                                                                          | Kísérlet megnevezése                                                                                                  | Kísérlet helye                                                    | Kísérlet célja                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2005. 05. 18 - 2005. 11. 15.<br>2006. 05. 04 - 2006. 11. 20.<br>2007. 05. 28 – 2007. 09. 25. | Háromgenerációs (M <sub>0</sub> , M <sub>1</sub> , M <sub>2</sub> ) 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-fenometriai 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 előállítás céljára, A nemesítési célok kitzúzése                                                                                      |
| 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<br>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<br>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<br>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)                                                                        |

## 2.4. A kukoricanemesítési alapanyagok köre

A Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centrumának Bemutatókertjében saját nemesítésű kukoricavonalakból kétvonalas hibrideket állítottunk elő keresztezéssel. A *bm<sub>3</sub>-gént* tartalmazó kukoricahibridek anyai- és apai vonalait Gyulavári Oszkár kukoricanemesítő bocsátotta rendelkezésünkre (**3. táblázat**).

**3. táblázat** Kukoricahibridek és szülői partnereik

| Kukoricahibridek                 | Anyai vonalak                     | Apai vonalak |
|----------------------------------|-----------------------------------|--------------|
| $S_1 \times S_4$                 | $S_1$                             | $S_4$        |
| $S_1 \times S_6$                 | $S_1$                             | $S_6$        |
| $S_4 \times S_6$                 | $S_4$                             | $S_6$        |
| $S_5 \times S_1$                 | $S_5$                             | $S_1$        |
| $126 \times S_1$                 | 126                               | $S_1$        |
| GK49 izogén $\times$ GK42 izogén | GK49 izogén                       | GK42 izogén  |
| GK49 $bm_3 \times$ GK42 $bm_3$   | GK49 $bm_3$                       | GK42 $bm_3$  |
| GK42 $bm_3 \times$ GK43 $bm_3$   | GK42 $bm_3$                       | GK43 $bm_3$  |
| GK42 izogén $\times$ GK43 izogén | GK42 izogén                       | GK43 izogén  |
| SzeTC 465                        | (GK49 $\times$ GK59)              | GK 57        |
| SzeTC 465 $bm_3$                 | (GK49 $bm_3 \times$ GK59 $bm_3$ ) | GK 57 $bm_3$ |

## 2.5. A ciroknemesítési alapanyagok köre

A kontroll növényként felhasznált cirokhibrideket a Szegedi Gabonakutató Közhasznú Társaság és az Agroszemek Kft. bocsátotta rendelkezésünkre. A kontroll cirokhibridek a következők voltak: *Róna-4*, *Monori édes*, *Cellu édes*, *G1990*.

A silókukorica és a silócirok genotípusokat 2+2 sorarányban együttesen termesztettük és a következő kombinációkat hoztuk létre: *SzeTC 465+Róna-4*, *SzeTC 465  $bm_3$ +Róna-4*, *SzeTC 465+Monori édes*, *SzeTC 465  $bm_3$ +Monori édes*, *126  $\times$   $S_1$ +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 rendeltük meg. A kisselektált restorer apavonalak nemesítési alapanyagai lettek a bioetanol-gyártásra alkalmas cukorcirok-hibrideknek (**4. táblázat**). A citoplazmatikusan hímsteril anyavonalakat (A) és a fenntartó apavonalakat (B) Berényi János ciroknemesítő, Jugoszláviából, a Földművelési és Konyhakertészeti Intézetből küldte el a részünkre.

A mutációs kísérletben nemesítési alapanyagként szereplő *Ria*, *Rib* szemescirok vonalak és a *Zádor* szemescirok hibrid a DE AMTC Karcagi Kutatóintézetéből származott.

**4. táblázat** A hímsteril anyavonalak a fenntartó apavonalak és a cirokhibridek köre

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

## 2.6. A kísérleti terek talajának jellemzése

A kísérleteket a DE AMTC Bemutatókertjében és Kabán zárt kísérleti térben állítottuk be. Mindkét kísérleti tér talaja csernozjom. A Bemutatókert talajtípusa kilúgzott csernozjom, a feltalaj meszet nem tartalmaz. Altalajvíz 7-9 méter mélységben helyezkedik el. A humusréteg vastagsága szerint a közepes humusrétegű kategóriába esik (50-70 cm). A talaj humusztartalma 2,57%. A talajvizsgálat eredményeit az **5. táblázat** szemlélteti. A talaj felső szintje a mészhányból eredően száraz, aszályos évjáratokban cserepedésre hajlamos (BÓDI, 2007).

**5. táblázat** A DE ATC Bemutatókert kísérleti tér talajának jellemzése

| pH               |     | CaCO <sub>3</sub> | Y <sub>1</sub> | Y <sub>2</sub> | Al-oldható                          |                        | Humusz % | K <sub>A</sub> |
|------------------|-----|-------------------|----------------|----------------|-------------------------------------|------------------------|----------|----------------|
| H <sub>2</sub> O | KCL |                   |                |                | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg/kg | K <sub>2</sub> O mg/kg |          |                |
| 7,0              | 6,5 | Ny.               | 5,0            | 8,0            | 100                                 | 165                    | 2,57     | 42             |

A kabai kísérleti tér talaja mészlepedékes csernozjom. A talaj mészben és szervesanyagban gazdag. A talaj víz-, hő- és levegőgazdálkodása kiváló. A talaj humusztartalma 3,54% és az Arany-féle kötöttségi száma 43 (**6. táblázat**).

A talajtípusra jellemző a humuszanyagok felhalmozódása, a kedvező, morzsalékos szerkezet kialakulása, valamint a kalciummal telített talajoldat kétirányú mozgása.

**6. táblázat** A kabai kísérleti tér talajának jellemző paraméterei

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



## **2.7. A kukorica kísérletek tenyésztőterülete, állománysűrűsége**

Az 5 saját nemesítésű kukoricavonalat és az 5 kétvonalas hibridet valamint a 3 brown midrib vonalat és a 3 izogén vonalat a DE AMTC Bemutatókertjébe vetettünk el. A kísérletet vonalanként és hibridenként két ismétlésbe, 5 m hosszúságú sorokból álló parcellákba rendeztük. 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 vetettünk el.

A brown midrib kukoricából, cirokból és azok vegyes vetésű kombinációiból álló kisparcellás szántóföldi kísérletet állítottunk 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 képeztünk.

A kísérleti tér egy 105 m hosszúságú és 8,5 m szélességű 892,5 m<sup>2</sup> alapterületű téglalap volt, amelyen 56 parcella helyezkedett el. Minden kukorica- és cirokhibridből 4 míg a vegyes vetésekből 2 parcellát vetettünk el, amelyek 9 m<sup>2</sup>-esek voltak (3 m x 3 m). A kukorica növények között 70 cm-es sortávolság és 20 cm-es tőtávolság volt. A kukoricából 5 növény jutott egy folyóméterre. A 9 m<sup>2</sup>-es parcellán 60 db kukoricánövényt vetettünk.

A silócirok hibrideket 70 cm-es sortávolságra és 5-6 cm-es tőtávolságra vetettük el. Ebben az esetben 17-20 csíra jutott egy folyóméterre. Így összesen 204-240 db cirokcsírát vetettünk a 9 m<sup>2</sup>-es parcellába.

## **2.8. A cirokkísérletek tenyésztőterülete, állománysűrűsége**

A keresztezéshez összesen 5 hímsteril anyavonalat, 5 fenntartó apavonalat használtunk. Minden anya- és apavonalat két ismétlésben öt méter hosszú soron állítottunk 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 vetettünk el.

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

A kísérlet során mintegy 43 háromvonalas cirokhibridet nemesítettünk és vizsgáltunk. A szántóföldi kísérlet beállítása során hibridenként 2 ismétlésben dolgoztunk, összesen 3 tömböt vetettünk el a hibridekből. A sortávolság 75 cm, míg a tőtávolság– a kézi töszámbeállítás után- 10-15 cm volt. Egy folyóméterre 10-15 db csíra került, az 5 m-es hosszúságú sorba 50-75 db csírat vetettünk.

## **2.9. 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 végeztük el. A kukoricát vetőpuskával, míg a cirkot kerti aprómagvetőgéppel vetettük el.

A kísérletekben egységesen N 100, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90, K<sub>2</sub>O 90 kg/ha hatóanyagot alkalmaztunk mindhárom vizsgálati évben. A P és a K teljes adagját, illetve a N 30%-át az őszi szántás előtt szórtuk és dolgoztuk a talajba, a fennmaradó N-t tavasszal a kombinátorozás előtt juttattuk ki a szántóföldre.

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

## 2.10. Betakarítás menete és a mintavételek módja

A cirokkísérletek betakarításának és mintavételeinek bemutatását a **7. táblázat** szemlélteti.

**7. táblázat** A cirokkísérletek betakarításának és mintavételeinek bemutatása

| Kísérlet nemesítési célkitűzése   | Mutációs cirokkísérlet                                                                   | Bioetanol-előállítás céljára nemesített kétvonalas cirokhibridek                                                                                         | Restorer cirokvonalak minőségi analízise                                                                                                                                                      | Háromvonalas cirok-hibridek minőségi analízise                    |                         |  |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------|--|
| Genotípusok                       | Rib, Zádor (5;7,5;10,0;12,5Gy)                                                           | SL <sub>1</sub> x RL <sub>4</sub> ,<br>SL <sub>1</sub> x RL <sub>7</sub> ,<br>SL <sub>1</sub> x RL <sub>10</sub> ,<br>SL <sub>1</sub> x RL <sub>12</sub> | RL <sub>3</sub> , RL <sub>4</sub> , RL <sub>7</sub> , RL <sub>9</sub> ,<br>RL <sub>10</sub> , RL <sub>11</sub> , RL <sub>12</sub> ,<br>RL <sub>15</sub> , RL <sub>16</sub> , RL <sub>18</sub> | lsd.4. táblázat                                                   |                         |  |
| Mintavételezés ideje              | 2005. 06. 07.<br>2005. 07. 07.<br>2005. 08. 07.                                          | 2008. 09. 20<br>teljesérés                                                                                                                               | virágzás:2009. 07. 14.<br>2010. 07. 20.                                                                                                                                                       | virágzás: 2009. 07. 22.<br>2010. 07. 20.                          |                         |  |
| Betakarítás ideje                 | 2005. 11. 15.<br>2006. 11. 20.<br>2007. 09. 25.                                          |                                                                                                                                                          | tejesérés:2009. 07. 27.<br>2010. 07. 20.                                                                                                                                                      | tejesérés: 2009.08.07.<br>2010. 08. 18.                           |                         |  |
|                                   |                                                                                          |                                                                                                                                                          | viaszerés:2009. 08.07.<br>2010. 07. 31.                                                                                                                                                       | viaszerés:2009. 08. 20.<br>2009. 09. 03.préselés<br>2010. 09. 20. |                         |  |
|                                   |                                                                                          |                                                                                                                                                          | teljesérés:2009.09.03.<br>2010. 09. 29.                                                                                                                                                       | teljesérés:2009. 09. 14.<br>2010. 10. 08.                         |                         |  |
|                                   |                                                                                          |                                                                                                                                                          | holtérés: 2009. 09. 20.<br>2010. 10. 24                                                                                                                                                       | holtérés: 2009. 09. 14.<br>2010. 10. 24.                          |                         |  |
| Betakarítás menete                | Kézi (buga lemetzése)                                                                    |                                                                                                                                                          | 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                                                                                                                                                                                |                                                                   |                         |  |
| Vizsgálatok megnevezése           | Levéltérületi index<br><br>Növénymagasság mérés<br><br>Buga paramétereinek felvételezése |                                                                                                                                                          | Nyersfehérje                                                                                                                                                                                  |                                                                   |                         |  |
|                                   |                                                                                          |                                                                                                                                                          | Keményítő                                                                                                                                                                                     |                                                                   |                         |  |
|                                   |                                                                                          |                                                                                                                                                          | Ezerszemtömeg                                                                                                                                                                                 |                                                                   |                         |  |
|                                   |                                                                                          |                                                                                                                                                          | Refraktométeres szárazanyag-tartalom                                                                                                                                                          |                                                                   |                         |  |
|                                   |                                                                                          |                                                                                                                                                          | Összes cukortartalom                                                                                                                                                                          |                                                                   |                         |  |
| Vizsgálatok módszere              | Morfo-fenometriai leírás készítése a descriptor lista alapján                            |                                                                                                                                                          | NIR-készülék (gyorsvizsgálat)                                                                                                                                                                 |                                                                   | Redukáló cukortartalom  |  |
|                                   |                                                                                          |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                               |                                                                   | Refraktométeres módszer |  |
|                                   |                                                                                          |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                               |                                                                   | Luff-School módszer     |  |
|                                   |                                                                                          |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                               |                                                                   | Piknométeres módszer    |  |
|                                   |                                                                                          |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                               |                                                                   |                         |  |

## **2.11. Az emészthetőségi tulajdonságok meghatározásának módszerei**

### **2.11.1. Nyersfehérje-tartalom meghatározása**

A makro-Kjeldahl módszert (MSZ EN ISO 5983:1:2005) alkalmaztuk, amely során Kjeld-Foss készülékkel a N-tartalmat határoztuk meg. Az így megállapított N-tartalmat 6,25-el megszorozva megkaptuk a növényi minták nyersfehérjetartalmát.

### **2.11.2. Nyersrosttartalom meghatározása**

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

## **2.12. Detergens rostfrakciók kimutatása**

A semleges kémhatású közegben detergens anyagok jelenlétében az oldatba nem ment anyag a neutrális detergens rost (NDF). Ebben benne van a sejtfal összes anyaga. A következő, savasabb pH-jú oldattal eltávolítjuk a hemicellulózt. A maradék a savdetergens rost (ADF). A harmadik, erősen savas oldatban a cellulóz is feloldódik és visszamarad a savdetergens lignin (ADL)(KOTA, 2000).

## **2.13. Az aminosav-tartalom meghatározás módszere**

A szilázsminták aminosavtartalmának meghatározását a Kaposvári Egyetem Állattenyésztési Tanszékén végeztük. A takarmányminták analízisét a Magyar Takarmánykódex II./1. 1990. alapján végeztük el.

## **2.14. A refraktométeres szárazanyag-tartalom meghatározása**

A cirokszárle szárazanyagtartalmát Falco-6 típusú kézi refraktométerrel (Brix) határoztuk meg.

## **2.15. A cukortartalom meghatározása**

A cukortartalmat a Műszerközpontban és a Kaposvári Egyetem Állattenyésztési Tanszékén vizsgáltuk meg. A cukortartalmat a MSZ 6830-26 szabvány alapján mutattuk ki és a Luff-Schoorl módszer szerint határoztuk meg.

## **2.16. Az alkoholtartalom meghatározása**

A bioetanol alkoholtartalmának meghatározása piknométerrel történt a MSZ 9589/2 szabvány alapján.

## 2.17. A heterózishatás vizsgálat

A cirokhibridek és a kukoricahibridek esetében kiszámoltuk a heterózis mértékét keményítőre, fehérjére és ezerszemtömegre. A brown midrib kukoricahibrideknél a heterózis mértékét növénymagasságra, az alsó csőeredés magasságára, csőhosszra és csőtömegre számítottuk ki. Kétféle heterózist határoztunk meg: átlagos heterózist és heterobeltiózist, ezeken belül abszolút és %-os változatot különböztettünk meg.

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

$$\text{Heterózis} = \frac{\left[ F_1 - \frac{P_1 + P_2}{2} \right]}{\frac{P_1 + P_2}{2}} * 100$$

$F_1$  = a hibrid vizsgált tulajdonságának átlaga,

$P_1$  = az egyik szülő vizsgált tulajdonságának átlaga,

$P_2$  = a másik szülő vizsgált tulajdonságának átlaga.

$$\text{Heterobeltiózis} = \frac{[F_1 - HP]}{HP} * 100$$

HP = a legmagasabb szülői teljesítmény átlaga

## 2.18. Az eredmények értékelése matematikai-statisztikai módszerekkel

Az eredmények kiértékelését az SPSS 13.0 for Windows statisztikai programcsomag felhasználásával végeztük. A különböző kezelések hatását az egyes beltartalmi tulajdonságokra egytényezős varianciaanalízissel elemeztük. A Pearson-féle korrelációs együttható számításával feltártuk a minőségi tényezők közötti kapcsolatot. Szoros összefüggés esetén regressziós egyenest illesztettünk a pontokra. A brown midrib és az izogén kukoricák összehasonlítása esetén a t-próbát alkalmaztuk.

### 3. EREDMÉNYEK

#### 3.1. A brown midrib kukoricagenotípusok és izogénjeik morfológiai, fenometriai jellemzői és összefüggés a tényezők között

A vizsgált hibridek közül a *GK42 izogén x GK43 izogén* és a *GK42 bm<sub>3</sub> x GK43 bm<sub>3</sub>* hibridek levéllemeze a szárral „kicsi” szöget zárt be. A *SzeTC 465* és az *SzeTC 465 bm<sub>3</sub>* kukoricahibridek levéllemeze a szárral a bezárt szöge „nagy” volt. Az utóbbi hibridek a levéllemezeik állása alapján az „erősen görbe” kategóriába tartoztak. A brown midrib kukoricahibridjeink szemtermése „simaszemű” volt, míg az izogén változataik a szemtermésük alapján a „lófogú” kategóriába tartoztak.

Igen szoros pozitív szignifikáns összefüggést találtunk a *GK49 bm<sub>3</sub> x GK42 bm<sub>3</sub>* és az *SzeTC 465 bm<sub>3</sub>* internódiumainak tömege és átmérője között  $r=0,914^{**}$  és  $r=0,916^{**}$ . A korreláció  $^{**}0,01$  szinten szignifikáns.

#### 3.2. A kétvonalas brown midrib kukoricagenotípusok és izogénjeik fenometriai tulajdonságainak heterózishatás vizsgálata

A saját nemesítésű kétvonalas kukoricahibridjeink közül a legnagyobb átlagos heterózis mértékét (67,25%) a növénymagasságnál a *GK49 bm<sub>3</sub> x GK42 bm<sub>3</sub>* érte el, ugyanakkor egyértelműen megmutatkozik a hibrid fölénye is a jobbik beltenyésztett vonalhoz viszonyítva (58,15%). A csőeredés magasságára nézve a legnagyobb hibridvigort (113,50%) számoltuk a *GK49 izogén x GK42 izogén* esetében valamint a jobbik szülő átlagát 93,06%-kal haladta meg az F<sub>1</sub>-nemzedék (8. táblázat).

**8. táblázat** Heterózishatás-vizsgálat a brown midrib kukoricahibridek növénymagasságánál és a csőeredési magasságánál (Debrecen, 2010)

| Hibridek                                    | Heterózis mértéke<br>(növénymagasság) |          |                 |          | Heterózis mértéke<br>(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 <sub>3</sub> x GK42 bm <sub>3</sub> | 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 <sub>3</sub> x GK43 bm <sub>3</sub> | 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 <sub>3</sub>                   | 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 csőtömege 423,79%-kal haladta meg a szülők átlagát, míg a jobbik szülő átlagához képest 390,62%-os hibridfőlény jelentkezett (**9. táblázat**).

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

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

### 3.3. A brown midrib kukorica növényi részeinek detergens rosttartalom vizsgálata

A *GK49 bm<sub>3</sub>* szárának lignintartalma alacsonyabb értéket (3,73%) mutatott, mint az *GK49 izogén* változat ADL-tartalma (5,30%). A *GK43 bm<sub>3</sub>* csőtermésének ADL-tartalmát mértük a legkisebbnek a vizsgált vonalak közül, amely 3,06%-os volt, míg a *GK43 izogén* változat ADL-tartalom értékét 3,94%-nak határoztuk meg.

A *GK43 bm<sub>3</sub>* csőtermésénél savdetergens rosttartalom 28,52%-os értéket mutatott, amely alacsonyabb volt, mint az *GK43 izogén* ADF-tartalma (31,33%). Az *SzeTC 465 bm<sub>3</sub>* kukoricahibrid átlagos ADF-tartalma 29,64%, míg az *SzeTC 465* hibrid ADF-tartalmának 32,99%-ot mutattunk ki.

A vonalak közül a *GK43 bm<sub>3</sub>*-nél mértük a legkisebb átlagos neutrális detergens rosttartalom értéket (42,50%), míg a vonal izogén változatának az átlagos NDF-tartalma magasabb értéket ért el (45,84%), mint a brown midrib változatáé. Az *SzeTC 465 bm<sub>3</sub>* hibrid szecskájának NDF-tartalma alacsonyabb (49,96%) volt, mint az *SzeTC 465* hibrid szecskájának NDF-tartalom értéke (57,61%).

A szecska savdetergens rosttartalma és neutrális detergens rosttartalma közötti összefüggés-vizsgálat eredményei alapján a következő vonalaknál találtunk igen szoros pozitív szignifikáns kapcsolatot: *GK43 izogén* ( $r=0,959^{**}$ ), a *GK49 izogén* ( $r=0,914^{*}$ ), és a *GK49 bm<sub>3</sub>* ( $r=0,979^{**}$ ).

### 3.4. A brown midrib és az izogén kukoricahibridek, hagyományos cirokhibridek valamint vegyes vetésük szilázmintáinak emészthetőségi vizsgálata

A *GK49 bm<sub>3</sub> x GK42 bm<sub>3</sub>* kukoricahibridek nyersfehérjetartalom értékének 9,33%-ot mértünk, míg a *GK49 izogén x GK42 izogén* hibrid átlagos nyersfehérjetartalma 8,14%-ot mutatott. A *GK49 bm<sub>3</sub> x GK42 bm<sub>3</sub>* kukoricahibridnek a rosttartalom és a detergensrost összetevői kevesebb százalékos arányt mutattak, mint az izogén változatának rost- és detergensrost összetevői.

A *GK49 bm<sub>3</sub> x GK42 bm<sub>3</sub>* hibrid nyersrosttartalom értékének: 19,71%-ot mértünk, míg a hibrid NDF-tartalmának értéke: 46,39%, ADF-tartalmának értéke: 26,54% és az ADL-tartalmának értéke pedig 6,00%-os volt. A vizsgált kukoricahibridek közül az *SzeTC 465 bm<sub>3</sub>* hibridnél mértük a legalacsonyabb nyersrost (17,63%) és detergensrost-összetevőt (ADF: 22,07%, ADL: 5,03%).

A vegyes vetések közül a *Róna+SzeTC 465 bm<sub>3</sub>* kombinációnál találtuk az emészthetőségre nézve kedvezőbb beltartalmi paramétereket (magasabb nyersfehérjetartalom (7,98%) és alacsonyabb nyersrost (22,75%) valamint NDF (48,41%), ADF (26,32%) és ADL-tartalom (5,45%) értékeket.

A neutrális detergens rosttartalom és a savdetergens rosttartalom között igen szoros pozitív szignifikáns korrelációt tapasztaltunk az izogén kukorica ( $r=0,934^{**}$ ) és a brown midrib kukorica ( $r=0,986^{*}$ ) hibridekben.

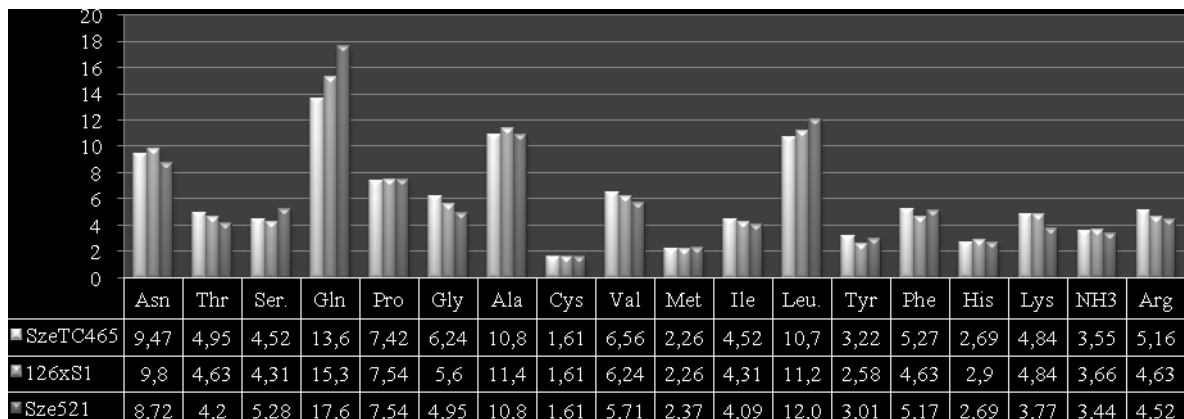
### 3.5. A szilázminták aminosavtartalmának elemzése

Az esszenciális aminosavak közül az *Sze 521* kukoricahibrid volt a leggazdagabb metioninban (2,37 g aminosav/100 g fehérje). A legtöbb lizintartalmat az *SzeTC 465* és a *126 x S<sub>I</sub>* kukoricahibridek érték el (4,84 g /100 g fehérje).

A cirokszilázsok esszenciális aminosavtartalma közül a *G1990* minta lizintartalma mutatta a legmagasabbat (4,93 g/100 g fehérje). A metionintartalom értéke a *Monori édes* ciroknál 2,18 g/100 g fehérje volt (**I. ábra**).

A vegyes vetés szilázmintáinak esszenciális aminosavtartalma közül a *126 x S<sub>I</sub>+Monori édes* vegyes vetés lizintartalom értékei 4,89 g/100 g fehérje értéket mutattak. A *126 x S<sub>I</sub>+Monori édes* vegyes szilázs metionintartalma 2,06 g/100 g fehérje volt.





**1. ábra** Az aminosavtartalom alakulása a kukoricaszilázsoknál g.AS/100 g fehérje  
(Kaba, 2008. 08. 06.)

### 3.6. A kukorica szemtermésének beltartalmi tulajdonságaira számított heterózis értékek

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%-os, míg az  $S_4$ -vonalé 69,63%-os és az  $S_6$  vonalé 64,37%-os volt. Az  $S_4$ -vonal keményítőtartalmát 2,44%-kal, míg az abszolút heterózisban kifejezve 1,70%-kal múlta felül.

Az ezerszemtömegekre vonatkozóan az átlagos heterózis mértékének intervalluma 23,85-44,90%, míg az abszolút heterózisé 7,10-9,95%. Az  $S_4 \times S_6$  hibrid 44,90%-kal múlta felül a szülőket. A hibrid ezerszemtömege 314,30 g-ot, míg az  $S_4$  vonal 220,3 g-ot és az  $S_6$  vonal 213,6 g-ot ért el.

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

Az  $RL_{15}$  vonal átlagos szártömege nagyobb (48,27 g), mint az  $RL_{16}$  vonal 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  $SL_2 \times RL_{12}$  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.

Szoros pozitív szignifikáns különbséget találtunk az internódiumok tömege és átmérője között az  $RL_{16}$  vonalnál  $r=0,836^{**}$  és az  $SL_2 \times RL_{12}$  hibridnél ( $r=0,768^{**}$ ).

### **3.8. A refrakciósázalék átlagos értékei és mediánja a restorer cirokvonalak eltérő fenofázisaiban**

A vizsgált vonalak közül az  $RL_9$  és az  $RL_{18}$  vonalak hosszú tenyészidejűek voltak. A száruk vastag volt, nagyobb mennyiségű levét termeltek és alacsonyabb a refrakciós szárazanyagtartalommal  $RL_9$ : (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. A 7 és a 8 internódiumos csoportba rövid vegetációs idejű vonalak tartoztak. Az  $RL_{16}$  vonal refrakciósázalékának értékei magasabb értékeket értek el 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). Az  $RL_4$  és az  $RL_{11}$  vékony szárú, szirupkészítésre alkalmas nagyon rövid vegetációs idejű vonalaknak jellemezhetők.

A refrakciósázalékok mediánjainak meghatározása segítségével lehetőség nyílt a különböző internódium számmal rendelkező cirokvonalak összehasonlítására. Megállapítottuk, hogy szignifikáns eltérés volt a vizsgált cirokvonalak refraktométeres szárazanyagtartalma között mindkét évben és mindkét fenofázisban. A 8 internódiumos vonalak közül a legmagasabb refrakciós cukortartalom medián értékét az  $RL_{12}$  vonal (10,32-21,11%) a virágzástól a teljesérésig a 2009-es évben és a 2010-es évben (10,61-22,50%) érte el. 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.

### **3.9. A refrakciósázalék átlagos értékei és mediánja a cukorcirok-hibridek eltérő fenofázisaiban**

A korai érésidejű  $SL_1 \times RL_{12}$ -nek 12,36% átlagos refrakciós értéke volt a teljeséréskor, míg a késői tenyészidejű  $SL_5 \times RL_{10}$ -nek mértük a legmagasabb Brix-fokát (14,66%) ebben az időszakban a 8 szártagos hibridek közül. A 8 internódiumos hibridek közül a kontroll *Róna-4* refrakciósázalékát meghaladták 2010-ben a következő saját nemesítésű genotípusaink:  $SL_1 \times RL_{12}$  (20,95%),  $SL_5 \times RL_{10}$  (19,79%) és az  $SL_2 \times RL_{11}$  (19,41%) a teljesérésben.

A saját nemesítésű cirokhibridjeink refrakciósázalékainak mediánjai alapján hasonlítottuk össze a különböző internódium csoportba tartozó növényeket. Az  $SL_5 \times RL_{10}$  hibrid vastag szárú, késői vegetációs idejű volt, amelynek a cukortartalma - a tejesérés (14,30% 2009-ben és 15,00% 2010-ben) kivételével - minden fenofázisban alacsonyabb refrakciós cukortartalmat mutatott.

Az alacsonyabb refrakciós cukortartalom a magasabb lékihozattal van 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). Az 5. sorszámmal tartozó Brix-sázalékok a tenyészidő kezdetétől a teljesérésig folyamatosan emelkedtek.

A hibridek közül a legkedvezőbbek voltak - a refrakciósázalék szempontjából az  $SL_2 \times RL_7$  és az  $SL_5 \times RL_3$ . Az  $SL_2 \times RL_7$  hibrid Brix-fokainak közép száma 2010-ben magasabb volt, mint 2009-ben. A virágzáskor 9,66%-os refrakciós cukrot mértünk az 5. szártágban, amely 12,52%-ra emelkedett a tejesérésre a 2009-es évben.

### **3.10. A cirokgenotípusok átlagos refrakciósázalékának alakulása internódiumonként**

A vizsgálatok során megfigyeltük, hogy az 1. szártágtól a 4. és az 5. szártágig növekedett a refrakciósázalék mindkét évben. Megfigyelhető az első internódiumtól a 7. szártágig tartó lineáris növekedés is (10,73-14,26%) a viaszéréskor 2010-ben. A 4. középső szártág refrakciós cukortartalma 7,83%-os értéket ért el a virágzáskor. A viaszérés fenofázisához közeledve 16,83%-ot mértünk, amely a holtéréskor már 20,00%-ra emelkedett a 2009-es évben.

Az  $SL_2 \times RL_{12}$  4. internódiumban tapasztaltuk a legmagasabb cukortartalmat a tejesérésben (11,76%), amely a teljesérésre 19,00%-ra növekedett az első kísérleti évben. A tejesérésben az 5. szártág szárlevében találtuk a legmagasabb cukortartalmat (12,66%) 2010-ben. A viaszéréskor szintén az 5. szártág cukortartalma mutatta a legnagyobb értéket (15,00%) a 2010-es évben (**10. táblázat**).

**10. 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.<br>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        | <b>21,66</b> |
|                       | 4.            | 3,99        | 6,00         | <b>11,76</b> | 12,33        | 13,97        | <b>15,53</b> | <b>19,00</b> | 21,50        |
|                       | 5.            | 3,99        | 6,50         | 10,93        | <b>12,66</b> | <b>15,00</b> | 15,40        | 18,41        | 21,22        |
|                       | 6.            | 4,33        | <b>6,66</b>  | 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.            | <b>5,66</b> | 6,00         | 11,00        | 11,66        | 14,26        | 13,00        | 15,50        | 18,00        |
| átlag                 |               | <b>4,23</b> | <b>6,14</b>  | <b>10,78</b> | <b>11,96</b> | <b>13,96</b> | <b>13,75</b> | <b>17,82</b> | <b>20,70</b> |
| $SzD_{5\%}$           |               | <b>1,18</b> | 0,75<br>(ns) | 1,72<br>(ns) | 1,70<br>(ns) | 1,93<br>(ns) | <b>1,91</b>  | 3,01<br>(ns) | <b>2,11</b>  |

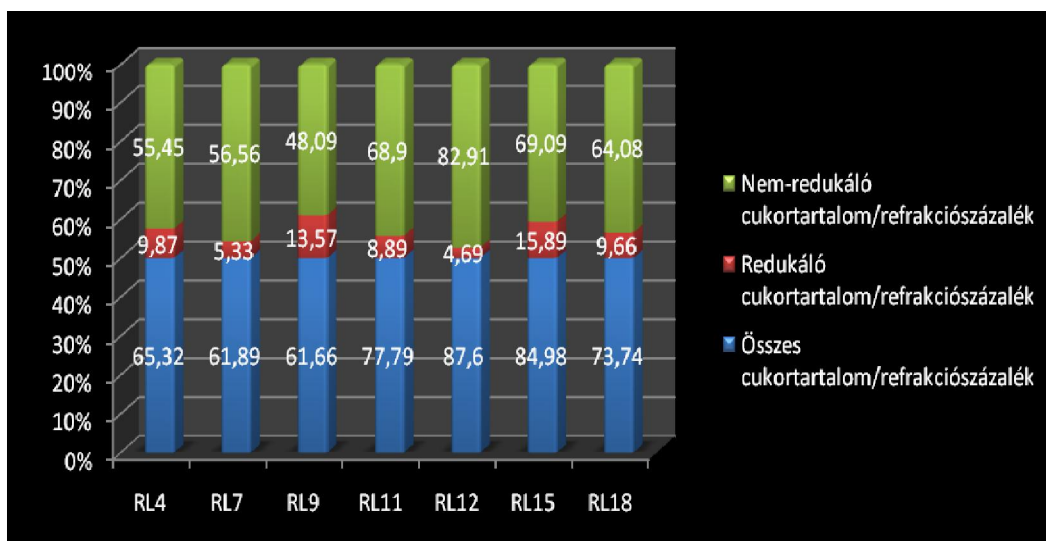
Rövidítések: I.n.s.sz.: Internódiumok sorszáma

### 3.11. A restorer cirokvonalak szárlé tartalmának főbb komponensei és a beltartalmi mutatók alakulása

A korai érésű vonalaknál lineárisan növekvő refrakciós cukortartalom mutatható ki a tejeséréstől a teljesérésig, mint például az  $RL_{11}$  esetében. Az  $RL_{11}$  vonal tejesérésben mért refrakciósázaléka (8,68%)-tól folyamatosan növekedett 18,33%-ig, a teljesérésig. A késői vegetációs periódusú restorer vonalak a viaszérésben érték el a legmagasabb Brix-értékeket, amelyek a következők: 15,00% az  $RL_9$ -nál és 16,66% az  $RL_{18}$  vonalnál. Ezek az értékek a teljesérésre az  $RL_9$  vonalnál 14,66%-ra, míg az  $RL_{18}$  esetében 14,17%-ra csökkentek.

Az  $RL_{11}$  esetében figyelhető meg az összes cukortartalom emelkedése a tejeséréstől (6,60-14,26%) a teljesérésig. A többi vonal viaszérésben érte el a maximum értékeit, amelyek intervalluma a következő volt: 10,07-17,50%.

A viaszérésben mutattuk ki a legmagasabb redukáló cukortartalmakat amelyek a következő határértékeket mutatták: 0,55-4,11%, ezek a teljesérésre csökkentek 0,76-2,71%-ra. A legmagasabb redukáló cukortartalom az  $RL_{18}$  esetében 4,11%-ot ért el viaszéréskor, teljeséréskor ez az érték 2,23%-ra csökkent.



**2. ábra** A beltartalmi mutatók alakulása a vizsgált restorer cirokvonalaknál teljesérésben

Megállapítottuk, hogy a szárazanyagon belül az összes cukortartalom intervallumértéke 61,66-87,60%-ot mutatott a refrakciósázalékban a teljesérésben. A refrakcióban 4,69-15,89%-ig terjedt a redukáló cukor. A legmagasabb arányt az  $RL_{15}$  vonalnál tapasztaltuk. A kései érésű vonalak redukáló cukortartalma 9,66%-ot ( $RL_{18}$ ) és 13,57%-ot ( $RL_9$ ) mutatott a szárlé szárazanyagtartalmában (2. ábra).

### 3.12. A cirokhibridek szárlé tartalmának főbb komponensei és a beltartalmi mutatók alakulása

A refrakciósázalék alapján a „jó minősítésű” hibridek intervallumértékei 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 tapasztaltuk. 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 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 összecsukor az  $SL_2 \times RL_{12}$  szárlevében volt. A redukáló cukortartalom esetében hibridvigort tapasztaltunk 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%) hibridjeinknél. Ezeknél a kontrollhoz képest több redukáló cukortartalmat találtunk.

A hibridek refrakciósázalékának 43,37-87,70%-a az összes cukortartalom. 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 intervallumértékei 2,39-32,03%-ig mutatkozott. A legmagasabb az  $SL_4 \times RL_{10}$  hibridünk redukáló cukor és refrakciósázalék egymáshoz viszonyított aránya.

### **3.13. A cirokgenotípusok alkoholkimotozatalának elemzése a viaszérésben**

Az  $SL_1$ - $SL_4$  hibridek alkoholtartalmának intervallumértékei 2,93-6,23 V/V-ot érték el. A legmagasabb alkohol kihozatali értéket az  $SL_4$ -hibridcsoport mutatta. A hibridcsoportok átlagos alkoholtartalom értéke 4,48 V/V-ot ért el 2009-ben. A második kísérleti évben a hibrid- és a vonalcsoportok alkohol kihozatali értékét hasonlítottuk össze. A hibridcsoportoknak azonos alkoholtartalmat (2,45 V/V) mértünk. A restorer vonalak kevesebb alkoholtartalmat (2,38 V/V) mutattak, mint a hibridek.

### **3.14. A cirok szemtermés beltartalma**

Minden hibridnél pozitív átlagos és abszolút heteróizhatást tapasztaltunk a keményítőtartalomra nézve. A relatív heteróiz értékei 0,49-21,7% közötti intervallumértékek voltak. A legmagasabb keményítőtartalmat (62,63%-ot) mutató hibrid az  $SL_1 \times RL_{12}$  keményítőtartalomra vetített relatív heteróizsa 1,9% volt, míg az abszolút heteróizs értékének 1,17%-ot számoltunk.

Az ezerszemtömege számítva mind az átlagos heteróizs, mind a heterobeltiózis két hibrid esetében volt pozitív. Az  $SL_1 \times RL_{12}$  hibrid ezerszemtömege 32,7 g, a relatív átlagos heteróizs 29,09%, míg az abszolút 7,37% volt. A jobbik szülő átlagát 6,65%-kal, míg abszolút heterobeltiózisa számítva 2,04%-kal haladta meg.

### **3.15. A mutációs cirokkísérlet eredményei a nemzedékekben**

Agronómiaailag hasznos mutánsokat a 7,5 Gy és a 10 Gy sugárdózisoknál detektálhattunk, a fokozott produktív bugákat hozó sarjak miatt az összes levélterületi index növekedett. A Harvest index és a szemtermés is növekedett ezeknél a dózisoknál. A leglátványosabb változást a 12,5 Gy *Zádor* esetében tapasztaltuk az ikerbugák megjelenésével. Az  $M_2$ -nemzedékben megfigyelt klorofill defektusos albino csíranövényekből indukált kallusz növekedésnek indult. 12,5 Gy dózissal besugárzott  $M_1$ -állományban a mezőgazdaság számára kedvezőtlen mutánsokat kaptunk. Az improduktív bugaképződés következtében jelentkező steril bugák miatt alacsony volt a Harvest index.

#### 4. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Munkánk során az alábbiakban felsorolt eredményeket tekintjük új tudományos eredménynek:

1. Összefüggéseket találtunk az alábbi minőségi tulajdonságok között:
  - internódiumok tömege és átmérője:  $GK49\text{ }bm_3 \times GK42\text{ }bm_3$  ( $r=0,914^{**}$ );  
 $SL_1 \times RL_{12}$  ( $r=0,801^{**}$ ),  $RL_{16}$  ( $r=0,836^{**}$ );
  - 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 ( $r=0,90^{**}$ ).
  - $GK43\text{ }bm_3$  vonal szecskájánál: ADL-NDF ( $r=0,957^*$ ),
  - $GK49\text{ }bm_3$  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 szakirodalmakban nem közöltek még le. A szilázs emészthetőségét leginkább befolyásoló emészthetőségi tényezők között szoros pozitív szignifikáns kapcsolatot találtunk, 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 a heterobeltiózis minden kétvonalas kukoricahibridnél. A cirokhibrideknél a pozitív heterózis a keményítőtartalomnál és a bioalkohol-kihozatalnál érvényesült.
3. Összehasonlítottuk a vizsgált cirok genotípusokat a refraktométeres száranyagtartalma szempontjából a teljes vegetációs periódusban. A nemesítési célnak leginkább megfelelő genotípusok az alábbiak:

internódium csoportonként:

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

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

4. Kifejeztük a szárlé minőségi tulajdonságainak egymáshoz viszonyított százalékos arányát. A kapott adatok alapján értékeltük vizsgált cirok genotípusokat. A  $RL_{12}$  (*Early sumac*) cirok restorer vonal és az  $SL_2 \times RL_{12}$  hibrid bizonyult a legkedvezőbbnek a vizsgált genotípusok közül a teljes érésben.
- $RL_{12}$  Brix-skála értéke: 20,66%, összes cukortartalom: 18,10%, redukáló cukortartalom: 0,97%, összes cukortartalom/refrakciószázalék: 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/refrakciószázalék: (67,83%), redukáló cukortartalom/refrakciószázalék: (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 tapasztaltunk (produktív bokrosodás, növekvő levélterületi 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).



## 5. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK

1. Részletesen jellemeztük a kísérleteinkben szereplő silókukorica-hibrideket, köztük két új, saját nemesítésű, brown midrib kukoricahibridet ( $GK49\ bm_3 \times GK42\ bm_3$ ,  $GK42\ bm_3 \times GK43\ bm_3$ ), amelyek energiatakarékosak voltak. A morfo-fenometriai tulajdonságok felvételezését a hibridhatás előrejelzése és a keresztezési partner kiválasztása céljából végeztük.
2. Meghatároztuk a különböző növényi részek (levél, cső, szár, szecska) szárazanyagon belüli detergens rosttartalmát és összehasonlítottuk a brown midrib és az izogén kukorica genotípusokat a rostfrakciók alapján. A  $GK49\ bm_3$  cső, szár és szecska ADL-tartalma jelentősen alacsonyabb volt, mint a  $GK49$  izogén vonalaké. Az  $SzeTC\ 465\ bm_3$  szecska ADF-tartalma és NDF-tartalma is szignifikánsan alacsonyabb értéket mutatott, mint a  $SzeTC\ 465$  értékei. A  $bm_3$  génnek szignifikáns hatása volt a genotípusra nézve.
3. Kiválasztottuk 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. Eredményeink alapján jellemeztük a vizsgált hibrideket. A legalacsonyabb rostfrakciókat az  $SzeTC\ 465\ bm_3$  hibridnél tapasztaltuk, amelyek a következők: nyersrost (17,63%) és detergensrost összetevőket (ADF: 22,07%, ADL: 5,03%). A vegyes vetések közül a  $Róna+SzeTC\ 465\ bm_3$  kombinációnál találtuk 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  $126 \times S_1$  szilázs mintáiból mutattuk 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. Kiválasztottuk 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.

## 6. 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 M<sub>0</sub> nemzedékben. Növénytermelés, 2007. Tom. 56. No. 1-2. 27-37.
- Pepó, Pá.-**Erdei, É.** (2007): Gyors neutronnal indukált mutáció eredményei a szemes cirok M<sub>1</sub> és M<sub>2</sub> 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. Növénynevelési 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. Növénynevelési Tudományos Napok, MTA, Budapest, / Hagyomány és haladás a növénynevelésben/ 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 C<sub>4</sub>-es hibridek esetében. Investigation of heterosis for bioethanol production in case of C<sub>4</sub> 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 növénynevelés 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.) M<sub>1</sub> 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 bm<sub>3</sub> (*brown midrib*) analógjainak *Fuzárium 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. 4<sup>th</sup> 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 Europa. Nemzetközi Tudományos Konferencia, Debrecen-Oradea. 252-255. ISBN 963 9274 85 2 available: [www.date.hu/kiadvany/sus-agrar.pdf](http://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.<sup>th</sup> 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. Pepó (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. Pepó, 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