



DEBRECENI EGYETEM  
AGRÁRTUDOMÁNYI CENTRUM  
MEZŐGAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR  
KERTÉSZETTUDOMÁNYI ÉS NÖVÉNYI  
BIOTECHNOLÓGIAI TANSZÉK  
NÖVÉNYTERMESZTÉSI ÉS KERTÉSZETI  
TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

*Doktori Iskola vezető:*

**Prof. Dr. Győri Zoltán**  
MTA doktora

*Témavezető:*

**Dr. habil Pepó Pál**  
*mg. tud. kandidátusa*

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

*Készítette:*

**Bódi Zoltán**  
*doktorjelölt*

DEBRECEN

2007

## 1. BEVEZETÉS

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

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

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

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

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

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

Napjainkban a kukoricanemesítésben egyre inkább előtérbe kerülnek azon morfo-fiziológiai tényezők (növénymagasság, levélterület, címerméret) vizsgálatai, melyek a közvetett vagy közvetlen szelekció alapját képezhetik a növény teljesítőképességének maximalizálásában. Ilyen jellemző a címer mérete is, amely a szakirodalmi adatok

alapján jelentős befolyással lehet a növény teljesítőképességére fiziológiai (fotoszintézis) vagy fizikai (árnyékolás) értelemben. A kukorica sikeres reprodukáló képessége is nagymértékben függ a porzósvirágzat (címer) kifejlődésétől. A pollen mennyiségét elsődlegesen befolyásoló címeralkotók felépítése és mérete döntő tényezői lehetnek a sikeres vetőmagtermesztésnek, nemesítési folyamatoknak.

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

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

Kutatásaim során az alábbi célokat tűztem ki:

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

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

## 2. ANYAG ÉS MÓDSZER

### 2.1. A nemesítési alapanyag

A szántóföldi kísérletek beállítására a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaságtudományi Kar Genetikai és Nemesítési Tanszékénél később a Kertészettudományi és Növényi Biotechnológiai Tanszékének kísérleti terén került sor 2004 és 2006 között. Az 5 és 15 Gy gyors neutronnal besugárzott F<sub>1</sub> kukorica hibridekből (PEPÓ és TÓTH, 2004) 8-10 évi beltenyésztéssel és szelekcióval mutáns kukoricavonalakat hoztunk létre (1. táblázat).

1. táblázat A vizsgált beltenyésztett vonalak eredete

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

\*: a keresztezés utáni első nemzedék

\*\* : n-edik mutációs nemzedék

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

### 2.2. A kísérlet tér talajának jellemzése

A kísérleti hely talajtípusa kilúgozott csernozjom, a feltalaj meszet nem tartalmaz. Az altalajvíz 7-9 méter mélységben helyezkedik el. A humuszréteg vastagsága szerint

közepes humuszcsoportú kategóriába esik (50-70 cm). A talaj szervesanyag tartalma 2,57 %. A talajvizsgálat eredményeit a 2. táblázat szemlélteti.

2.táblázat A kísérleti tér talajának jellemző adatai

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

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

### 2.3. A vizsgált időszak főbb meteorológiai tényezői

A vizsgált évek időjárása közel azonos volt. 2004-ben és 2005-ben a harmincéves átlagot meghaladó csapadékmennyiség (+76,9 mm; +152,2 mm) hullott a tenyészidőszak folyamán. 2006-ban az átlaghoz közeli csapadék ellátottság volt jellemző. A három év kukoricatermesztés szempontjából – eltekintve néhány extrém éghajlati jellemzőtől pl. májusi lehűlés, júliusi kánikula - kedvező évjáratnak tekinthető.

### 2.4. A szántóföldi kísérletek beállításának körülményei

A szántóföldi kísérletek négyismétléses véletlen blokk elrendezésben kerültek beállításra. A parcellák hossza 5 m volt. Az alkalmazott sortávolság 70 cm, a tőtávolság pedig 20 cm volt, így parcellánként 50 db növény felvételezésére nyílt lehetőség. A teljes diallél rendszer növényi anyagát a 4 beltenyésztett vonal és ennek 12 F<sub>1</sub> hibrid vetőmagja képezte. Ezzel párhuzamosan elvetésre kerültek a DUS vizsgálatok standard vonalai és a FAO 200-500 csoportok standard F<sub>1</sub> hibridjei a vizsgálatok összehasonlítása, kontrollálása végett. A vonal- és hibrid előállítás standard módszerrel történt. A teljes diallél rendszer genotípusonkénti összetételét a 3. táblázat összegzi.

3. táblázat A teljes diallél rendszer genotípusonkénti összetétele

| Szülői<br>vonalak | UDL1  | UDL4  | UDL5  | UDL6 |
|-------------------|-------|-------|-------|------|
| UDL1              | UDL1  | UDH1  | UDH2  | UDH3 |
| UDL4              | UDH4  | UDL4  | UDH5  | UDH6 |
| UDL5              | UDH7  | UDH8  | UDL5  | UDH9 |
| UDL6              | UDH10 | UDH11 | UDH12 | UDL6 |

## 2.5. Az alkalmazott főbb agrotechnikai eljárások

### 2.5.1. Talajművelés

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

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

### 2.5.2. Tápanyagellátás

A kísérletben N 100, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90, K<sub>2</sub>O 90 kg/ha (hatóanyag) műtrágyázást alkalmaztunk mindhárom vizsgálati évben.

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

### 2.5.3. Növényvédelem, növényápolás

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

#### 2.5.4. Betakarítás

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

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

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

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

A fenotípusos tulajdonságok felvételezése vonalanként és hibridenként 2x15 növényre terjedt ki a CPVO (Community Plant Variety Office / Közösségi Fajtaoltalmi Hivatal) TP (Technical Protocol) /2/2 vizsgálati irányelv szerint 30 tulajdonság tekintetében. A kiértékelést a vizsgálati időszak minden évében elvégeztük (2004-2006). A tulajdonságokat a CPVO-TP2/2 vizsgálati irányelv szerinti időben és jelzéssel – kifejeződési fokozattal - láttuk el a kukorica tenyészideje folyamán illetve betakarításkor, a minták értékelésénél. Ezen vizsgálat adatai képezték a későbbiekben a vonalak – morfológiai leírásra alapozott – polimorfizmus vizsgálatának alapját.

#### 2.7. Tartalékfehérje vizsgálatok

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

## 2.8. Az AFLP analízis kivitelezése

A négy szülői vonal képezte a vizsgálat növényi anyagát. A DNS nyeréshez 10-12 napos növények leveleit használtuk fel. A csíráztatást a magvak fertőtlenítése után steril körülmények között táptalajon (MS) hajtottuk végre.

### DNS izolálás

A kukoricavonalak leveleiből a genomikus DNS izolálását a QIAGEN DNeasy Plant Mini Kit segítségével végeztük el.

### AFLP analízis

A kivont genomiális DNS-t 10 U *Eco*RI restrikciós enzimmel 1 órán keresztül 37 °C-on emésztettük, majd 1 U *Tru*1I 67 °C-on inkubáltuk. Az így feldarabolt genomiális DNS darabjaihoz AFLP adaptereket illesztettünk. A ligálás a következők szerint történt: 10 µl kettősen emésztett DNS-hez 1-1 µl (100 pmol) *Eco*RI és *Tru*1I adaptert, 2 µl ligációs puffert, 1 µl T4 ligázt és 8 µl H<sub>2</sub>O-t adtunk. Az elegyet 2 órán keresztül 20 °C-on inkubáltuk. A PCR-rel felszaporított és szelektált DNS fragmentumok megjelenítése kapilláris elektroforézissel történt a Gödöllői Mezőgazdasági Biotechnológiai Központban.

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

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

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

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

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

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

## 2.10. A heterózis hatás vizsgálata

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

a valódi heteróziát a  $\bar{F}_1 - \bar{P}$  képlettel,

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

## 2.11. A hektolitertömeg és az ezerszemtömeg meghatározása

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

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

### Növényi anyag

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

Kék és vörös szemszínű kukoricák: a növényi anyagot tizenkét kukoricafajta képezte. A növényi anyag eredetét és paramétereit a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat A vörös és kék szemszínű kukoricafajták eredete és szemszíne

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

Eredet: \*Austrian Agency for Health and Food Safety Génbank, Linz, Ausztria

\*\* Tápiószele Agrobotanikai Intézet, Magyarország

\*\*\*IPK Génbank, Gatersleben, Németország

A vizsgálatok a Debreceni Egyetem Élelmiszertudományi, Minőségbiztosítási és Mikrobiológiai Intézet laboratóriumában folytak. Minden egyes genotípus szemterméséből három párhuzamos minta került előkészítésre.

A FRAP módszerrel meghatározott vízdoldható antioxidáns aktivitás mérése

Az antioxidáns tartalom mérésére a FRAP (Ferric Reducing Ability of Plasma) módszert (BENZIE és STRAIN, 1996) használtuk. A módszer a biológiailag vízdoldható vegyületek redukáló képességén alapszik és e mellett szabadgyökfogó képességéről is tájékoztatást ad. A mérés alapja: pufferolt savanyú (pH=3,6) közegben az antioxidánsok a vas (III) ionokat vas (II)-vé redukálják, melyek a tripiridil-triazinnal (TPTZ) színes komplexet alkotnak. A keletkező színes vegyület koncentrációját, amely arányos az antioxidánsok koncentrációjával, fotométeren ( $\lambda=590$  nm) lehet mérni.

A kapott eredmények C-vitamin egyenértékben kifejezett vízdoldható antioxidáns tartalomban (mg/kg) lettek megadva szárazanyag-tartalomra vonatkoztatva.

## 2.13. Az eredmények értékelésének matematikai-statisztikai módszerei

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

Az általános (GCA) és specifikus (SCA) kombinálódó képesség meghatározásához előállított teljes diallél rendszert a GRIFFING 1-es módszere (1956) alapján működő DIALLEL Analysis and Simulation (BUROW és COORS, 1994) alkalmazásával értékeltük ki. A keresztezési irányok, a hektolitertömeg és a címert felépítő elemek statisztikai vizsgálatát egy- és kéttényezős varianciaanalízissel illetve Pearson-féle korrelációs együttható számítás alkalmazásával végeztük el (SVÁB, 1981).

## 3. EREDMÉNYEK

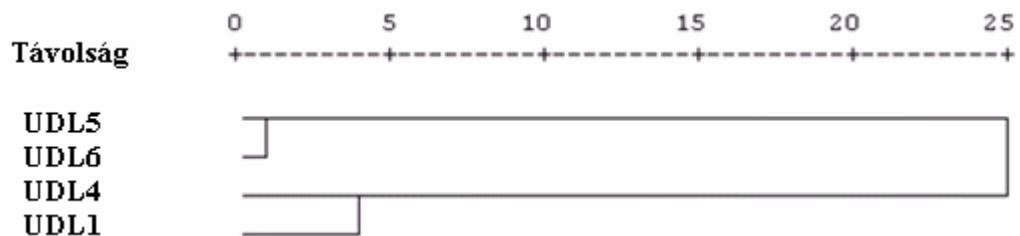
### 3.1. A vizsgált vonalak jellemzői, polimorfizmus vizsgálata fenotípusos-, fehérje- és DNS-szinten

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

szelekciót tesz lehetővé a kukoricanemesítés során. Ezzel időmegtakarítást és költség hatékonyságot érhetünk el.

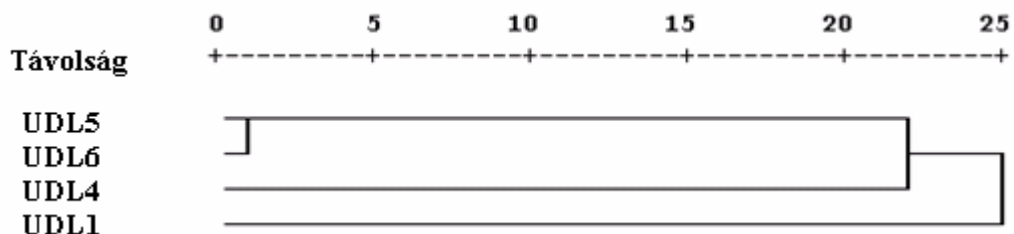
A fenotípusos, fehérje és DNS-szintű polimorfizmus vizsgálat alapján a megállapítottuk:

- A 30 tulajdonságra alapozott DUS leírás és az ebből létrehozott cluster analízis a négy beltenyésztett kukorica vonalat két csoportra osztotta, az elsőbe a dendrogramon egymáshoz szorosan kapcsolódó *UDL5* és a 6-os vonalat, a másodikba az egymáshoz képest távolabb kapcsolódó *UDL1* és 4-es vonalat (1. ábra).



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

- A 14 polimorf zein mintázat alapján számított Jaccard index és cluster analízis eredményei az előző eredményeket már módosította. Az *UDL4* vonalat a genetikai hasonlóság/távolság vizsgálat, valamint a cluster analízis már az *UDL5* és 6-os vonalak alkotta csoportba sorolta (2. ábra).



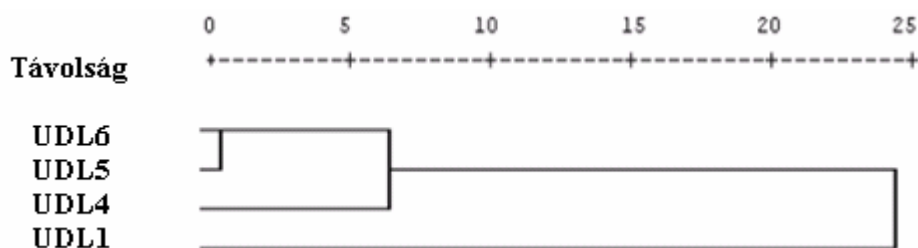
2. ábra A négy beltenyésztett vonal zein mintázata alapján végzett cluster analízis dendrogramja

- A három primer párral végzett AFLP analízis 208 amplifikált sávot, ebből 70 polimorf sávot eredményezett (5. táblázat). Ezen eredmények hasonló tendenciát mutattak a zein vizsgálattal, vagyis az *UDL4* vonal az *UDL5* és 6-os vonalhoz kapcsolódik. A három vonal közötti kapcsolat pontosításra került. Az analízis valószínűsíti, hogy az *UDL5* és 6-os vonalak féltestvéri kapcsolatban állnak a Jaccard indexre alapozott genetikai hasonlóság/távolság vizsgálat alapján (6. táblázat). A tartalékfehérje vizsgálat eredményét megerősítette, pontosította az AFLP technika alkalmazása (3. ábra).

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

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

\*= Keygene<sup>R</sup> nomenklatura szerint kódolva



3. ábra A négy beltenyésztett vonal AFLP mintázata alapján végzett cluster analízis dendogramja

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

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

A vizsgált négy kukoricavonal között a legnagyobb hasonlóságot (74 %) az *UDL5* és az *UDL6* vonalak, a legkisebbet az *UDL6* és az *UDL1* (38,5 %) vonalak mutatták (6. táblázat).

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

A heterózis nemesítés egyik alapfeltétele a szülői vonalak közötti genetikai távolság biztosítása, a rokonsági fokok szerinti csoportosítása, ez az imént említett komplex vizsgálattal hatékonynak bizonyult. A kísérlet során a négy beltenyésztett vonalat jól definiálhatóan két csoportra lehetett bontani (I. *UDL1*; II. *UDL4*, *UDL5*, *UDL6*). Legnagyobb a genetikai távolságot (GD) az *UDL1* és *UDL6* vonalnál becsültük (GD= 0,78), a legszorosabb rokonsági fok az *UDL5* és *UDL6* vonal (GD= 0,51) között létezik.

### 3.2. A termőképesség és az általános és specifikus kombinálódó képesség eredményének értékelése

A termőképesség-vizsgálat kimutatta, hogy az egymástól genetikailag legtávolabbra becsült vonalak mutatták a legnagyobb termőképességet mind egyenes,

mind reciprok keresztezéseiben (*UDH3* és *UDH10*) mindhárom vizsgált évben. A kombinálódó-képességi értékek meghatározása után egy kiváló vonal kijelölése történt meg (*UDL1*). A legjobb specifikus kombinálódó képességi (SCA) értéket mindhárom évben a termésátlagok alapján az *UDL1* x *UDL6* (*UDH3*) hibridkombináció érte el.

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

### 3.3. A keresztezési irányok vizsgálata néhány morfológiai jellemző alapján

Az egyenes és reciprok keresztezéseket a három vizsgált év átlagában négy tulajdonságnál vizsgáltuk. Megbízható eltéréseket kevés esetben találtunk, a növénymagasság és a csőeredési magasság esetében volt tapasztalható gyakoribb statisztikailag igazolható eltérés. Az egyenes és reciprok hibridek közötti eltérések azonban szakmai szempontból nem bírnak jelentőséggel. Az eltérések alatta maradnak a CPVO TP2/2 vizsgálati irányelvben rögzített, a két hibrid megkülönböztethetőségéhez szükséges határértéknél. Nem tudtunk kimutatni szignifikáns eltérést a levélszám tekintetében a keresztezési irányok megváltoztatásával.

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

### 3.4. A hektolitertömeg és az ezerszemtömeg változása a genotípusok függvényében

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

Vizsgálatunkban eltérő szemtípusú hibridek ezerszemtömegét és hektolitertömegét határoztuk meg. Jelentős különbségeket tapasztaltunk a vizsgált

genotípusok értékeinél a két tulajdonság tekintetében. A genotípus  $\times$  évjárathatás egyik vizsgált évben sem volt szignifikáns vizsgálatunkban. A legnagyobb ezerszemtömeget a lófogú szemtípusú hibrideknél kaptuk, a legmagasabb hektolitertömeget a vizsgált években a féllófogú hibrideknél mértük a lófogú hibridekhez viszonyítva átlagosan minimum 2 kg/hl magasabb értékkel. A Pearson-féle korrelációs együttható az ezerszemtömeg és a hektolitertömeg között negatív előjelű közepes erősségű volt (-0,46\*\*). A kapott hektolitertömeg értékek minden hibridnél meghaladták az elmúlt évben (2006) bevezetett intervenciós felvásárlásnál alkalmazott minimum hektolitertömeg értéket.

7. táblázat Az eltérő szemtípusú kukorica hibridek ezerszemtömege (g) és hektolitertömege (kg/hl) a vizsgált években

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

Szignifikancia szintek: \*P=5 %, <sup>+</sup>P=10 %

### 3.5. A kukorica címeralkotó elemeinek vizsgálata

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

Az évjárat hatása volt a legnagyobb minden általunk vizsgált címeralkotó elemnél a címerszár átmérő kivételével. A címeralkotó elemeket tekintve a vizsgált hibridjeink között jelentős különbségek voltak. Azon hibrideknek volt legmagasabb a címerág száma, melyekben az *UDL6* vonal szülői komponensként szerepelt. A hibridek címerág számának kialakításában a nagyobb címerág számmal rendelkező szülő hatása érvényesült. A heterózis mértéke a címerágak számánál az egyenes keresztezéseknél 116,7 %, míg a reciprok keresztezéseknél 121,6 %-nál alakult. A címerhossz esetében az *UDL5* és az *UDL6* vonal hatása érvényesült a hibridkombinációkban.

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

Elvégeztük a vonalak és hibridek virágzásbiológiai tulajdonságainak és a címeralkotó elemeinek értékelését is. Döntő fontosságúnak ítéljük meg a főcímerszár tömörségét és a címerágak számát a keresztezési irány megválasztása szempontjából. Javaslatunk szerint a tömöttebb – nagyobb számú kalászkákkal jellemezhető – főcímerággal és magasabb címerág számmal rendelkező vonalak kívánatosak a hibridkombinációkban apai szülőkomponensként felhasználni. A címeralkotó elemek szerepe az elkövetkezendő években egyre fontosabb szerephez juthat. A globális klímaváltozás következtében egyre gyakoribb nyári aszályos időszakok a virágzási időszakban felerősítik a kukorica reprodukciós szervei vizsgálatának szükségességét. A virágzási időszakban fellépő aszályos időszak a pollenszóródási időszak rövidülését és a pollen mennyiség csökkenését vonhatja maga után. A vetőmagtermesztésben és árukukorica termesztésben nagyobb figyelmet kell fordítani a címer tényezők vizsgálatára.

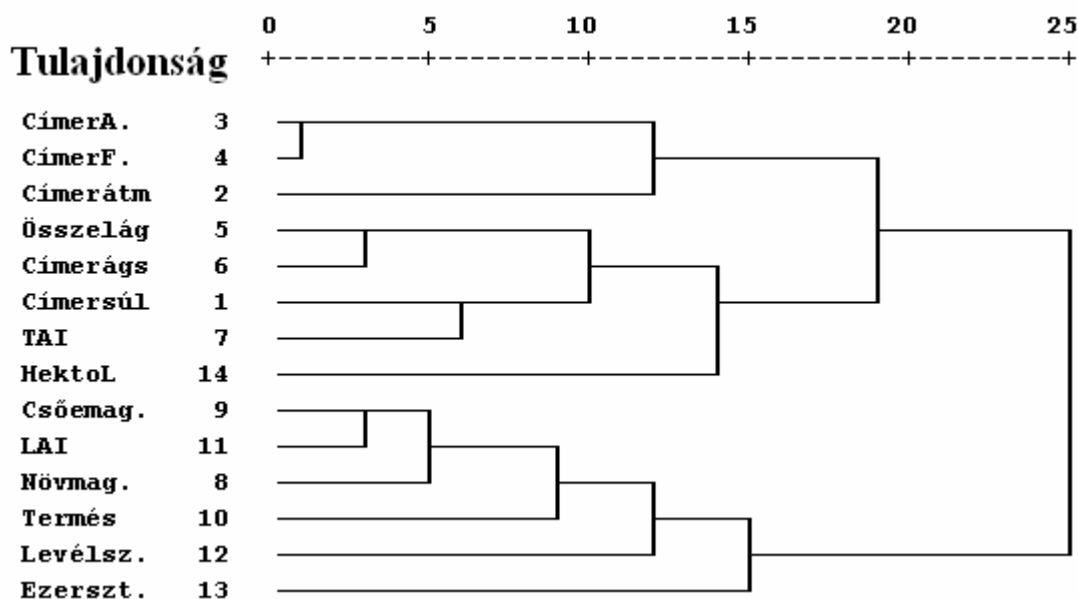
Pearson-féle korrelációs együttható számítással meghatároztuk a címeralkotó elemek és néhány mennyiségi jellemző közötti kapcsolatok erősségét. A különböző tulajdonságok egymásra közvetlenül vagy közvetett módon hatást gyakorolhatnak. A magas megbízhatósági szinten közepes vagy szoros összefüggések a tulajdonságok között előrevetíthetik a tulajdonságok nem közvetlen befolyásolásának lehetőségét. Az általunk adaptált címer terület index (TAI) és a címertömeg negatív irányú közepes erősséggel korrelált a növénymagassággal és a termés mennyiséggel, továbbá az ezerszemtömeggel ( $P=0,01$  %-os szinten). A levélterület indexszel és a csőeredési magassággal szintén negatív irányú, közepes kapcsolatban volt. A címeralkotó elemekből felépülő, azok együttes hatását kifejező címer terület index alkalmas lehet az alacsony örökölhetőségi értékszámú tulajdonságok közvetett szelekciójára.

A tulajdonságok kapcsolatrendszerét hierarchikus clusteranalízissel segítségével dendrogram formájában is bemutattuk (4. ábra, 8.táblázat). A címerkötő elemek és a termés és termés kialakításában szerepet játszó tényezők két külön clustert alkottak.

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

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

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



4. ábra A hibridek tulajdonságainak dendrogramja a vizsgált tényezők tekintetében

Rövidítés:

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

### 3.6. Elterő szemszínű kukorica genotípusok FRAP módszerrel meghatározott vízdoldható antioxidáns (WS) aktivitásának vizsgálata

Vizsgáltuk sárgaszemszínű kukoricavonalak és hibridjeik (a diallél rendszer minden tagjánál) vízdoldható antioxidáns aktivitásának tartalmát. Az eredményeket kiegészítettük vörös és kék szemszínű kukoricafajták értékeivel is.

Megállapítottuk, hogy a sárgaszemszínű kukoricavonalak és hibridek vízdoldható antioxidáns aktivitása függött a genotípusoktól és az évjárártól. A vizsgált sárgaszemszínű kukoricavonalak és hibridek vízdoldható antioxidáns aktivitása nagyságrendekkel kisebb (7,97-12,51 mg/kg C-vitamin egyenérték) , mint a vizsgált kék és vörös szemszínű genotípusok értékei (199-639 mg/kg C-vitamin egyenérték) (9. táblázat).

Jelentős különbségek mutatkoztak a különböző genotípusok WS antioxidáns aktivitásában. A legnagyobb WS antioxidáns aktivitást a *Santo Pueblo Black* esetében tapasztaltuk a  $639 \pm 19$  mg/kg C-vitamin egyenértékkel. A legkisebb értéket a *Black Mexican* fajtánál kaptuk ( $199 \pm 14$  mg/kg C-vitamin egyenérték). A vörös szemszínű fajták közül két fajta (*Rdeci*, *Rotmais*) értékei  $263 \pm 54$  és  $264 \pm 34$  mg/kg C-vitamin egyenérték között változtak, ettől szignifikánsan csak a *Japonica* fajta különbözött. E fajta WS antioxidáns aktivitás értéke ( $447 \pm 59$  mg/kg C-vitamin egyenérték) több mint másfélszerese a többi vörös szemszínű kukorica értékének. Az eredmények rámutatnak a fajtákban rejlő nagyfokú variabilitásra a WS antioxidáns aktivitás tekintetében.

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

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

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

\*\* Tápiószéle Agrobotanikai Intézet, Magyarország

\*\*\*IPK Génbank, Gatersleben, Németország

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

#### 4. ÚJ ÉS ÚJSZERŰ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

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

6. A címeralkotó elemeket összehasonlítottunk néhány mennyiségi jellemzővel Pearson-féle korrelációs együttható számítással. Megállapítottuk a tulajdonságok egymás közötti kapcsolatának erősségét és a kölcsönhatások irányát. Az általunk adaptált címer terület index (TAI) és a címer tömeg negatív előjelű közepes összefüggést mutatott a termés mennyiségével, a növénymagassággal és az ezerszemtömeggel magas megbízhatósági szinten. A tulajdonságok közötti korrelációk feltárásával prognosztizálni lehet a paraméterek megváltoztatása esetén a többi alakulását.
7. Meghatározásra került tizenhat sárga-, három vörös- és kilenc kék szemszínű kukorica genotípus vízoldható antioxidáns aktivitása. Megállapításaink szerint jelentős különbség van az egyes kukorica genotípusok vízoldható antioxidáns aktivitása között. A sárgaszemszínű kukorica genotípusok értékét nagyságrenddel meghaladták a különböző genetikai háttérrel rendelkező vörös és kék szemszínű kukoricafajták értékei.

## 5. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK

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

## 6. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK JEGYZÉKE

### Lektorált tudományos közlemények:

- BÓDI, Z.-PEPÓ, P.** (2007): Trends of pollen production and tassel area index in yellow lines, hybrids and blue corn landraces. *Cereal Research Communications*, vol. 35. 2: 277-280.
- PEPÓ, P.-KOVÁCS, A.-TÓTH, SZ.-BÓDI, Z.** (2007): Investigation of maize hybrids based on direct and reciprocal crosses. *Cereal Research Communications*, vol. 35. 2: 913-916.
- PEPÓ, P. -BÓDI, Z.** (2007): Beltenyésztett kukoricavonalak genetikai hasonlóságának és kombinálódóképességének vizsgálata teljes diallél rendszerben. *Növénytermelés*, Tom. 56. No. 1-2:51-63.
- BÓDI, Z.-PEPÓ, P.-KOVÁCS, A.** (2007): Kék és vörös szemszínű kukoricák nemesítési értékelése. *Acta Agraria Debreceniensis*, 26:239-243.
- BÓDI, Z.-BORBÉLY M.- PEPÓ, P.-GYŐRI, Z.** (2006): Preliminary data of chemical contents and thousand kernel weight in special and conventional maize. *Cereal Research Communications*, vol. 34. 1:413-416.
- PEPÓ, P.-BÓDI, Z.** (2006): Advancement of AFLP techniques in some (*Zea mays* L.) maize lines. *Cereal Research Communications*, vol. 34. 1:605-608.
- BÓDI, Z.-PEPÓ, P.** (2006): A dísz- és kékkukorica termesztési, nemesítési lehetőségei. *Acta Agraria Debreceniensis Különszám*, 23:15-19.
- BÓDI, Z. -PEPÓ, P. - ZUBOR, Á.-TÓTH, SZ. - PROKISCH, J. - GYŐRI, Z.** (2006): A genetikai diverzitás vizsgálata sugárkezelt kukoricavonalakban és kapcsolata hibridjeik teljesítményével. *Acta Agraria Debreceniensis Különszám*, 23:20-26.
- PEPÓ, P.-BÓDI, Z.** (2006): Adaptation of maize lines and hybrids to abiotic/biotic stresses. *Acta Agronomica Hungarica*, 54:4:397-403.
- PEPÓ, P.-BÓDI, Z.** (2006): Comparison of variability among irradiated and control inbred maize lines via morphological descriptions and some quantitative features. *JAS. Acta Agraria Debreceniensis*, 24:70-73.
- PEPÓ, P.-TÓTH, SZ.-BÓDI, Z.** (2006): Kukoricavonalak és hibridjeik *Fusarium* ssp. és kukoricamoly- (*Ostrinia nubilalis* Hübner) ellenállóságának vizsgálata diallél keresztezésben. *Növénytermelés*, Tom. 55. 1-2:63-70.
- TÓTH, SZ.-BÓDI, Z.** (2006): Indukált mutációval létrehozott kukoricagénbank a nemesítési alapanyagbázis növelésért. *Acta Agraria Debreceniensis*, 19:45-49.
- PEPÓ, P.-TÓTH, SZ.-BÓDI, Z.** (2005): Sugárkezelt kukoricavonalak (*Zea mays* L.) DUS-vizsgálata, rokonsági fokok meghatározása. *Növénytermelés*, Tom. 54. 3:145-157.
- PEPÓ, P.-TÓTH, SZ.-BÓDI, Z.** (2005): Beltenyésztett kukoricavonalak kallusz indukciójának és szántóföldi terméseredményének összehasonlítása teljes diallél rendszerben. *Növénytermelés*, Tom. 54. 4:237-242.

### Hazai és nemzetközi konferenciakiadványok

- BÓDI, Z.-PEPÓ, P.** (2007): Komplex vizsgálati módszerek alkalmazása a kukorica nemesítési alapanyagok értékelésében. XIII. Növénytermelési Tudományos Napok, MTA, (Szerk.: Kiss, J.-Heszky, L.) Budapest, 139.
- BÓDI, Z.-PEPÓ, P.** (2007): Kék és vörös szemszínű kukoricafajták értékelése hazai viszonyok között. XIII. Növénytermelési Tudományos Napok, MTA, (Szerk.: Kiss, J.-Heszky, L.) Budapest, 142.
- TÓTH, SZ.-PEPÓ, P.-BÓDI, Z.-GYŐRI, Z.** (2007): Kukoricavonalak és hibridjeik (*Zea mays* L. convarietas *dentiformis*) levéltetű ellenállóképessége a beltartalmi értékek függvényében értékelésében. XIII. Növénytermelési Tudományos Napok, MTA, (Szerk.: Kiss, J.-Heszky, L.) Budapest, 93.

- BÓDI, Z.** (2006): Investigation of genetic polymorphism and combining ability in irradiated maize. 4<sup>th</sup> International Scientific Symposium. 10-11 October 2006. Oradea. (Szerk.: Teodor Traian, M.) 155-162. ISBN (10) 973-759-158-5
- 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
- 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.
- BÓDI, Z.** (2006): Investigation of genetic diversity in maize and its relationship to heterosis in diallel system. XX<sup>th</sup> International Conference of the EUCARPIA Maize and Sorghum Section 20-24 June, Budapest, Book of Abstract, 72.
- BÓDI, Z.-PEPÓ, P.-ZUBOR, Á.-TÓTH, SZ.-PROKISCH, J.-GYÓRI, Z.** (2006): A genetikai diverzitás, kombinálódóképesség, heterózis előrejelzés kukoricavonalakban. Növénytermesztési Tudományos Napok, MTA, (Szerk.: Veisz, O.) Budapest, 81.
- BÓDI, Z.-BORBÉLY, M.-PEPÓ, P.-GYÓRI, Z.** (2006): Előzetes adatok eltérő színű kukoricák minőségi jellemzőire. XII. Növénytermesztési Tudományos Napok, MTA, (Szerk.: Veisz, O.) Budapest. 80.
- BÓDI, Z.** (2006): Alternatív lehetőségek és növénytermesztési perspektívák a hazai kis gazdaságokban. Határmenti Vidékfejlesztési Tanácsadó Központ nyitókonferencia "Az egyetem kapcsolata a vidékfejlesztési szakemberekkel". DE ATC, Debrecen, március. 30. (Szerk.: Baranyi, B.) 85-88.
- PEPÓ, P.-TÓTH, SZ.-BÓDI, Z.-OSKOLÁS, H.-ERDEI, É.** (2005): Kukoricavonalak és hibridjeik fuzáriumellenállóságának vizsgálata diallél analízissel. XI. Növénytermesztési Tudományos Napok, MTA, Budapest. (Szerk.: Kertész, Z.) 170.
- BÓDI, Z.** (2005): Kukoricavonalak és hibridjeik fuzáriumos csőpenész ellenállóságának vizsgálata diallél keresztezésben. XI. Ifjúsági Tudományos Fórum. Keszthely, 2005. március. 24. CD kiadvány
- PEPÓ, P.-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 Fejlődésbíológiai Napok. Összefoglalók (Szerk.: Szabó, G.-Raskó, I.-Bacsó, Zs.-Erdélyi, M.) Eger, 2005. április, 10-12. 186-187.
- BÓDI, Z.** (2005): A genetikai változatosság szerepe a kukoricatermesztésben. Tavaszi Szél Konferencia, 2005. május, 5-8. Debrecen, (Szerk.: Csizmazia J.) 437. ISBN 963 218 368 1
- BÓDI, Z.-TÓTH, SZ.** (2005): Importance of genetic diversity in sustainable maize breeding. Sustainable agriculture across borders in Europa. Nemzetközi Tudományos Konferencia, Debrecen-Oradea. (Szerk.: Jávora, A.-Káta, J.-Tamás, J.) 119-121. ISBN 963 9274 85 2

#### Ismeretterjesztő publikációk

- RACSKÓ, J.-BÓDI, Z.** (2005): A kukorica kelés utáni növényvédelme. Agrárágazat, VI. évf. 3:30-32.
- BÓDI, Z.-PEPÓ, P.** (2007): Aktualitások a kukorica hektolitersúlyáról. Agrárunió, VIII. évf. 2:16.
- BÓDI, Z.-PEPÓ, P.** (2007): A kukorica hektolitersúlyt befolyásoló tényezők. Agroinform, XVI. évf. 2:13.