

**DEBRECENI EGYETEM AGRÁRTUDOMÁNYI CENTRUM  
MEZŐGAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR  
GENETIKAI ÉS NEMESÍTÉSI TANSZÉK**

**NÖVÉNYTERMESZTÉS ÉS KERTÉSZETI DOKTORI ISKOLA**

Doktori Iskola Vezető:

**Dr. Ruzsányi László**

MTA doktora

Témavezető:

**Dr. habil Pepó Pál Ph.D.**

egyetemi tanár

**Doktori (PhD) értekezés**

**Kukorica transzgresszív mutánsok kiválogatása diallél analízissel**

készítette:

**Tóth Szilárd**

egyetemi tanársegéd

Debrecen, 2001

## Tartalomjegyzék

	oldal
<b>1. Bevezetés, a téma jelentősége, kutatási célkitűzés</b>	4
<b>2. Irodalmi áttekintés</b>	7
2.1. A kukorica nemesítése	7
2.2. A kukorica nemesítés alapanyag bázisának diverzifikálása mutációs módszerekkel	8
2.3. Energiatakarékosan termesztető kukorica hibridek előállítása mutációs nemesítés alkalmazásával	14
2.4. Produkcióbíológiai vizsgálatok jelentősége a kukorica nemesítésben	16
2.5. A kukorica szárazanyag gyarapodásának vizsgálata diallél rendszerekben klimatikus stresszfüggvény alkalmazásával	18
2.6. A sugárkezelt beltenyésztett pozitív transzgresszív mutáns kukoricavonalak kombinálódó képességének vizsgálata és genetikai analízise	21
<b>3. Anyag és módszer</b>	31
<b>3.1. A kísérletek kiindulási anyaga</b>	31
<b>3.2. A kísérletek beállításának módszere</b>	33
3.2.1. Talajtípus, termőréteg, vízgazdálkodás	33
3.2.2. A diallél analízis előkészítése, növényi anyagok	33
3.2.3. Tenyészterület, állománysűrűség	33
3.2.4. Virágzatizolálás	34
3.2.5. Betakarítás	34
<b>3.3. Fenometriai vizsgálatok</b>	36
3.3.1. Fenometriai vizsgálatok az UPOV szabvány szerint	36
3.3.1.1. A levélzet vizsgálata	36
3.3.1.2. A szár vizsgálata	36
3.3.1.3. A virágzás vizsgálata	36
3.3.1.4. A teljes növény fenometriai tulajdonságainak vizsgálata	37

<b>3.4. Produkcióbiológiai vizsgálatok</b>	37
3.4.1. Produkcióbiológiai vizsgálatok, növekedésanalízis módszerei	37
3.4.2. Szárazanyag gyarapodás vizsgálata klimatikus stresszfüggvény alkalmazásával	38
<b>3.5. A kombinálódó képesség vizsgálatának módszere, termésképző elemek diallél analízise</b>	43
<b>4. Kísérleti eredmények és értékelésük</b>	44
<b>4.1. Fenometriai vizsgálatok eredményei (UPOV-szabvány)</b>	44
4.1.1. Virágzásbiológiai vizsgálatok eredményei	44
4.1.2. A teljes növény fenometriai tulajdonságai vizsgálatának eredményei	46
<b>4.2. Produkcióbiológiai vizsgálatok</b>	53
4.2.1. A levélterület-index vizsgálatok és a növekedésanalízis eredményei	53
4.2.2. Szárazanyag gyarapodás klimatikus stresszfüggvénnyel történő vizsgálatának eredményei	59
<b>4.3. A termőképesség, kombinálódó képesség vizsgálatának és a termésképző elemek diallél analízisének eredményei</b>	65
4.3.1. A termőképesség vizsgálatának eredményei	65
4.3.2. Az általános (GCA) és a specifikus (SCA) kombinálódóképesség vizsgálatának eredményei a termőképesség és az átlagos csőtömeg esetében	68
<b>5. Következtetések és javaslatok</b>	76
<b>6. Összefoglalás</b>	78
<b>7. Irodalom</b>	83
<b>8. Táblázatok jegyzéke</b>	97
<b>9. Ábrajegyzék</b>	100
<b>Függelék</b>	102

## 1. Bevezetés, a téma jelentősége, kutatási célkitűzés

Napjaink hazai szántóföldi növénytermesztésének egyik legfontosabb növénye a kukorica. A szántóföldi növénytermelés bruttó termelési értékének legnagyobb tételét szolgáltatja a kukoricatermesztés. Ezért nagyon fontos, hogy sokoldalúan foglalkozzunk a termelés, a felhasználás és nem utolsósorban a nemesítés problémáival, a kukoricatermesztés jövőbeli feladataival.

A nemesítés célkitűzései esetében a jelenlegi 12-13 t/ha-os termésátlagok további, jelentős növelésére már nem számíthatunk. Ez a kukoricatermesztés korlátjának tekinthető.

Az egyre gyakrabban jelentkező aszályos évjáratok nagy károkat okoznak a szántóföldi és kertészeti növénykultúrákban, így egyre inkább jelentős mértékű terméseszkökenessé számolhatunk a mezőgazdasági termelés során a jövőben is.

A növények szárazságtűréséről csak szántóföldön végzett kísérletek alapján nagyon nehéz megbízható információkat nyerni. A szárazságtűrés tanulmányozása és a vízhiányhoz történő adaptív folyamatok feltárása csak jól ellenőrizhető és megismételhető mesterséges körülmények között lehetséges, összevetve a szántóföldi eredményekkel.

A beltartalmi értékek javítása, a fehérjetartalom növelése, az esszenciális aminosavak arányának javítása és a szárazságtűrő képesség fokozása a jelentős nemesítési feladatainkhoz sorolhatók a jövőben. Ehhez nagy segítséget nyújtanak a sejt-, szövet- és protoplasztikultúra technikák, valamint a molekuláris genetikai módszerek konvencionális módszerekkel történő integrációja, melyek alkalmazásával a nemesítés hatékonysága nagymértékben fokozható. Sejt- és szöveti szinten a szomaklonális variabilitás nagy lehetőséget nyújt a kukorica vonalak és ezen keresztül a hibridek kiváló beltartalmi értékekkel, illetve szárazságtűrő képességgel rendelkező sejtvonalak szelekciójára. Ezt igazolja az imidazolinon herbicid hatóanyagra rezisztens géneket tartalmazó (XA 17, XI 12) sejtvonalak szövetkultúra technikákkal végzett sikeres szelekciója, melyeket visszakeresztezés alkalmazásával a vonalakba is be vittek. Jelenleg a köztermesztésben már ezen géneket tartalmazó hibridek szerepelnek (Dekalb 471 IMI, Furio Sumo, Occitan Sumo, Horus). Kiváló példája ez az in vivo és in vitro módszerek eredményei gyakorlati alkalmazásának.

A biológiai alap, az elvetendő hibridkukorica megválasztásának helyes, illetve helytelen döntésével már előre meghatározzuk a kukoricatermesztés sikerességét, a termés mennyiségét, az árualapot, amelynek értékesítéséből származik a gazdálkodás eredményessége.

Magyarországon elvileg 203 szemes és több mint 50 silókukorica-hibrid közül lehet választani. Az államilag elismert hibridkukoricák országos fajtakísérleteinek adatai igazolják, hogy az eredményes fajtaválasztás alapjai rendelkezésre állnak. A tényleges fajtakínálat valójában mintegy 150 hibrid, amelyeknek a vetőmagja a piacon beszerezhető.

A jelenlegi fajtaellátottság lehetővé teszi, hogy az évente mintegy 1-1,2 millió hektárnyi szemes-, illetve a 100-150 ezer hektárnyi silókukorica területen a termőhelyi teljesítőképesség kihasználása szempontjából legkedvezőbb hibridet vessük el.

Hazánkban a kukoricanemesítés genetikai bázisa azonban - a specifikus nemesítői célkitűzések és a géneráció következtében - az utóbbi évtizedekben jelentősen leszűkült, melynek előnytelen hatásai közismertek. A kukoricatermesztésben igen sok külföldi hibridet használnak, amelyek genetikai hátterét csak néhány beltenyésztett vonal alkotja. A termesztés genetikai sebezhetőségének csökkentése érdekében rendkívül fontos a kukorica nemesítés alapanyagbázisának különböző módszerekkel történő szélesítése. A genetikai variabilitás növelésének specifikus változata a különböző mutagénekkel történő kezelés. Jelentős azoknak a törzseknek, populációknak a száma is, melyek bizonyos előnytelen tulajdonságaiknál fogva korlátozottan használhatók a nemesítési programokban. Ezen negatív tulajdonságok javítása a hagyományos nemesítési eljárásokon túlmenően újabb biotechnológiai módszerekkel is lehetséges. Ezek mellett azonban hasznos lehet a mutációs módszerek alkalmazása (MARÁZ et al., 1993; PEPÓ et al., 1994).

A legjobb kombinálódó képességű beltenyésztett kukoricavonalak -amelyek a legértékesebb gazdasági tulajdonságokkal rendelkező  $F_1$  hibridnemzedéket adják-kiválogatása a nagy genetikai variabilitással rendelkező populációkból a diallél analízis alkalmazásával végezhető el. A kutatás célkitűzése a

- a standard hibridekhez viszonyítva jó termőképességű,
- jó alkalmazkodó képességű,
- megfelelő HARVEST-INDEX-szel rendelkező,
- jó minőségű

$F_1$  hibridkukoricát adó sugárkezelt beltenyésztett szülői vonalak kiválogatása volt diallél analízis alkalmazásával, melyek a vizsgált gazdasági értékmérő tulajdonságok tekintetében jó általános és specifikus kombinálódó képesség értékekkel rendelkeznek és ezen értékeket több éven keresztül igazolják.

A beltenyésztett kukoricavonalakkal létrehozott diallélrendszerek segítségével meghatározhatók az egyes, keresztezési partnerként szereplő vonalak általános (GCA: General

Combining Ability) és a specifikus (SCA: Specific Combining Ability) kombinálódó képességek értékei.

A kutatás további céljaiként említhető a diallél rendszerek szülői vonalainak és hibrideinek teljeskörű fenotípusos és genotípusos leírása és vizsgálata, amely magába foglalja a virágzásbiológiai vizsgálatokat, az UPOV-szabvány szerinti fenometriai vizsgálatokat, produkcióbiológiai vizsgálatokat, növekedésanalízist, a kombinálódó képesség vizsgálatát a termésképző elemek diallél analízisét, melyek mind hasznos információval szolgálnak a további nemesítési programokhoz.

A növekedés analízis diallél rendszerbeli alkalmazása segítségével teljesebb képet kaphatunk a kukorica környezeti (meteorológiai-, és talajtani) tényezőkre adott reakcióiról és ennek genotípusos függőségéről.

A szárazanyag gyarapodás klimatikus stresszfüggvény alkalmazásával történő vizsgálatának célja az volt, hogy a genetikai, meteorológiai valamint talaj paraméterek alapján a diallél rendszer minden egyes tagjának tenyésztésidőszakbeli tömeggyarapodása leírásra kerüljön, képet kapva ezáltal arról, hogy mely környezeti feltételek kedvezőek és melyek kedvezőtlenek a növény számára.

Az egymást követő évjáratok hatásainak vizsgálata alapján az egyes vonalak és hibrideik termésbiztonságára lehet következtetni.

## **2. Irodalmi áttekintés.**

## 2.1. A kukorica nemesítése

Kezdetben a kukoricanemesítés módszerei közül a tömegkiválogatás módszerét alkalmazták az ősi változatok és a tájfajták kiválogatásában. A múlt század közepétől kezdve egyre inkább elterjedt az egyedkiválogatás módszere, melynek alkalmazásával folyamatosan kiszelektálták és tovább vitték a pluszvariánsokat. Utódbírálattal kiegyenlítettébbé tették az állományt. Az 1950-es évekig szabadlevirágzású fajták játszottak jelentős szerepet a köztermesztésben.

A nemesítés következő lépése a fajtahibridek előállításának és termesztésben való hazai elterjedése volt. A fajtahibridek 10-15 %-kal nagyobb termést adtak, mint a szabadlevirágzású fajták (BÁLINT, 1977).

A hibridkukorica nemesítés alapját korábban minden országban túlnyomórészt a helyi tájfajtákból előállított beltenyészített vonalak jelentették. Az esetek többségében azonban ez meglehetősen szűk genetikai bázist jelentett, ezért szükség volt a nemesítési alapanyagbázis diverzifikálására.

A kukorica termesztésében és nemesítésében az igazi nagy áttörést a heterózis nemesítés mint módszer és a beltenyészítéses hibridek elterjedése jelentette.

A beltenyészítéses hibrid kukorica nemesítését SHULL (1909) alapozta meg. Hazánkban a beltenyészítéses hibridek nemesítését PAP ENDRE 1937-ben kezdte meg. Az első beltenyészítéses hibridkukoricáját 1953-ban ismerték el (Martonvásári 5). A beltenyészítéses hibridek termésnövelő hatása tartamkísérletek alapján - hazai viszonyok között - átlagosan 26 % (GYÓRFFY, 1977).

SHULL 1905 elején olyan kutatási programba kezdett, amelynek célja az volt, hogy önbeporzással olyan, genetikailag lehetőleg tiszta vonalakat állítson elő, amelyekkel az elvégzendő keresztezési kísérletek fényt deríthetnek a nagy csövenkénti szemszám genetikai hátterére a kukorica esetében. A keresztezési kísérletek azonban arra hívták fel a figyelmét, hogy a beltenyészített vonalak keresztezéséből származó hibridek igen erőteljes növekedésűek. 1909 körül felismerte, hogy megfigyelése a későbbiek során mezőgazdasági szempontból nagy jelentőségű lehet.

Az Egyesült Államokban a 30-as évek végén a kukorica átlagtermése 1,4 t/ha volt. A 80-as évek végére ez az érték - a heterózisnemesítés általánossá válásával, a beltenyészítéses kukorica hibridek, műtrágyázás, gépesítés, kemizálás köztermesztésben való elterjedésével és

a termesztéstechnológia fejlesztésével - 6,25 t/ha-ra, közel háromszorosára emelkedett (RÉDEI, 1987 a).

A heterózis a hibrid egyedekben (méretben vagy egyéb tulajdonságokban) a keresztezéssel létrejött heterozigóta állapot hatására fellépő fokozódás, azokhoz a különböző fajtákhoz viszonyítva, amelyek a kérdéses hibrid utódot létrehozták. A heterózis lényegében tehát a heterozigóta genotípusok fölénye a homozigóta genotípusokhoz viszonyítva. A heterozigótákban a gének kölcsönhatása olyan fenotípust eredményez, amely kedvezően befolyásolja a növekedést és a fejlődést, a produktivitást, valamint az abiotikus- és a biotikus stresszfaktorokkal szembeni ellenálló képességet (MENYHÉRT, 1985 a).

## **2.2. A kukorica nemesítés alapanyag bázisának diverzifikálása mutációs módszerekkel**

A kukorica nemesítésben felhasználható genotípusok körének szélesítéséhez a mutációs nemesítési módszer alkalmazása nagy segítséget jelenthet. Indukált mutánsok felhasználásával a populáció génkészlete gyarapszik, ami a fajták formagazdagságban bekövetkezett elszegényedése miatt napjainkban egyre fokozottabb jelentőségű. A változékonyságot növelő mutáció segítségével olyan növénytermesztési szempontból kedvező vonalak szelektálhatók, amelyek a termelési igényeket jobban kielégítő új hibridkombinációkat eredményeznek. A nemesítési alapanyag diverzifikálása neutronsugárzással is megvalósítható. Az utóbbi időszakban a neutronbesugárzás genetikai, növénynemesítéstani alkalmazása iránt megnyilvánuló fokozott érdeklődés azzal magyarázható, hogy ez a fizikai mutagén faktor igen nagy mértékben hat az RNS-DNS struktúrára azáltal, hogy a besugárzás nyomán keletkezett radioaktív anyagok által kibocsátott sugárzások sűrűbb ionizációt okoznak az élő szervezetben. A sugárzás biológiai hatását az elnyelt dózissal jellemezzük, melynek jele: D. Mértékegysége a gray, jele: Gy, az a sugárdózis, amelyet 1 kg tömegű anyag elnyel, ha vele állandó sugárzással 1 joule energiát közlünk:  $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$  (SZALAY, 1982). A neutronsugárzás várható nagy genetikai affinitása miatt 1980 óta ezen sugárforrás kukoricanemesítésben történő egyre nagyobb mértékű felhasználására került sor. A kísérletek során egyrészt amerikai hibridalapanyag ( $F_1$ ), másrészt különböző beltenyésztett vonalak gyors neutronos vetőmagkezelését követően a szegregációt mutató állományok szigorú beltenyésztésére, genetikai homogenizálására és a legkedvezőbb



agronómiai tulajdonságokkal rendelkező beltenyésztett vonalak kiválogatására került sor (PEPÓ-PEPÓ, 1987).

A specifikus nemesítői célkitűzések következtében a kukoricanevelés genetikai alapanyag bázisa az utóbbi évtizedekben jelentősen leszűkült. A köztermesztésben igen sok olyan kukorica hibrid kerül felhasználásra, amelyeknek genetikai hátterét csak néhány beltenyésztett vonal adja. A kukorica nevelés alapanyagbázisának különböző módszerekkel történő diverzifikálása rendkívül fontos a jövőben a termelés genetikai sebezhetőségének csökkentése érdekében. A különböző mutagének alkalmazása a genetikai variabilitás növelésének specifikus változatát nyújtja a növénynevelés számára. A genetikai változékonyság szélesítésén kívül hasznos lehet a mutációs módszerek alkalmazása a különböző törzsek és populációk negatív tulajdonságainak javításában is.

A mutációs nevelési program első lépéseként 1991-ben hat különböző kukoricatörzs vetőmagjának besugárzása került elvégzésre gyors neutron sugárforrással, ciklotronban 5, 20, 30, 40, 50 Gy sugárdózisokkal. A kísérletek eredményei azt mutatták, hogy a 30 Gy feletti dózisok teljes letalitást okoztak, így a kukorica nevelésben a továbbiakban nem alkalmazhatók. Élő, felnevelt növények csak az 5, 20, és 30 Gy besugárzási dózisok esetében kaptak, a vetőmagelőállítás viszont csak az 5 illetve a 20 Gy dózissal kezelt növényeknél bizonyult sikeresnek. Az 5 Gy kezelést követően mikromutációk, a 20-30 Gy esetén pedig makromutációk megjelenésére számíthatunk az  $M_2$  és az  $M_3$  nemzedékekben. A makromutánsok közül több gazdaságilag is értékes lehet. A sugárkezelések hatására romlik a törzsek kezdeti fejlődési erélye, kitolódik a nő- és hímvirágzás ideje. A növénymagasság, asszimilációs felület és a szárátmérő csökken.

Az optimális sugárdózis intervallum meghatározására 0-20 Gy-ig terjedő dózisok alkalmazására került sor. Az  $M_2$  generációban a növénymagasság és a szárátmérő nőtt. A termésképző elemeknél is pozitív változások következtek be (csőhossz, csőtömeg, csőátmérő növekedése). A csőenkénti szemtömeg jó indikátor a dózisoptimum meghatározására. E tekintetben a 12,5 Gy dózis bizonyult optimálisnak a legtöbb törzs esetében. (MARÁZ et al., 1993; PEPÓ et al., 1994).

Indukált mutáció segítségével különböző fenotípusú vonalak hozhatók létre, amelyeket morfológiai tulajdonságaik alapján KRAVCSENKO és LISZKOV (1979) a következő csoportokba sorolt: kultúr vonalak, kultúr-bokros vonalak, teopod-típus, corn-grass típus. PÁSZTOR (1977, 1978, 1979 a) hasonlóképpen rámutatott arra, hogy különböző mutagének felhasználásával a növények formagazdagsága jelentősen növelhető.

Gyors neutron, illetve  $\text{Co}_{60}$  izotóppal, 15000 r sugárdózissal kezelt értékes gazdasági tulajdonságokkal rendelkező beltenyészett kukoricatörzsek esetében a sugárzás különböző jellegű változásokat idézett elő a kukorica növényeken. Megállapításra került, hogy az egyes egyedek esetében a levélszám gyengén a növénymagasság erősen mutabilis tulajdonságként szerepelt. A mutáns növényállományokban a mennyiségi jellegek (csőtömeg, csövenkénti szemszám, ezerszemtömeg) nagyobb valószínűséggel változtak negatív irányban. A kisebb - 5000 r - dózisú besugárzás a csőtömeget és a csőhosszúságot erőteljesebben növelte pozitív irányban, mint a 15000 r dózisú kezelés. A különböző sugárkezelések hatására kialakult beltenyészett vonalakat morfológiai tulajdonságaik alapján, Kravcsenko-Liszkov, illetve Pásztor munkásságának megfelelően szintén négy fő csoportba sorolták, melyek a következők: a.) *kultúr*, b.) *kultúr-bokros*, c.) *teopod*, d.) *corn-grass*. Az alapanyagok tanulmányozása, mutációk kiváltása és beltenyészett törzsek kombinálódó képességének vizsgálata során olyan kedvező tulajdonságú törzsek kerültek kiválasztásra, amelyeket a növénynemesítői munkában hasznosítani lehetett. A sugárkezelt vonalak keresztezésével létrehozott hibridkombinációk termőképessége, kukoricaüszög-rezisztenciája tőszámsűrítetősége szignifikánsan jobb eredményeket mutatott a standard hibridekhez viszonyítva. A morzsolási % és a terméseredmény között pozitív összefüggés mutatkozott (SÁRVÁRI, 1974).

Gamma és neutron besugárzással olyan törzseket szelektáltak, amelyek a különböző kórokozókkal (*Ustilago zaeae*, MDMV) szemben rezisztensek voltak. Több szerző eredményei alapján megállapítható, hogy a kukorica mutációs kezelése során létrehozott vonalak betegség ellenállósága fokozódik (POPOVA és POPOV, 1976; KUPORITSKAYA és BIKINEEVA, 1977; KOBELEVA és BLYAN 1977; STOILOV és POPOV 1978.).

Gamma besugárzás felhasználásával kukorica vonalokból az ötödik nemzedékben számos hasznos tulajdonsággal rendelkező alvonal előállítására került sor, amelyek morfológiailag is különböztek az eredeti formától (ISHALINA, 1976).

A mutánsvonalakkal létrehozott keresztezési kombinációkban az esetek túlnyomó többségében a terméseredmények jelentős növekedése volt tapasztalható.

MORGUN et al. (1971) kísérletei szerint különböző módon előállított mutánsokkal a cső- és szárazanyag termést egyaránt növelhetjük. Véleménye szerint a kísérleti mutagenézisnek igen nagy szerepe van a kukorica hibridek heterózisának növelésében.

A mutánsok keresztezéséből kapott kukorica hibridekkel végzett összehasonlító vizsgálatokat FOTESCU és DOVGAN (1975). A kísérletekben korai érésű és magas terméshozamú kombinációk is előfordultak.

CSALIK (in LISZKOV, 1976) kukorica magvak besugárzásával kapott mutánsok alkalmazásával növelte a szemtermést több kétvonalas (SC) hibridben. Az így létrehozott mutánsok alapanyagként szerepelhetnek nagy termőképességű, három- (TC) illetve négyvonalas (DC) hibridekben is.

Mindezekkel ellentétes LANGER (1976) megállapítása, aki a fajták szemtermésének gamma-sugárral történő kezelésével korai és bőtermő vonalakat választott ki. A fajtákból előállított vonalak zöld- és szárazanyagtermése silónak természetve sem érte el a kontrollt. A rákeresztezéssel előállított kombinációk azonban korábbi érésűek voltak.

A termésátlagok további növelésének egyre inkább gátjává válik a hibridek genetikai uniformitásának növekedése, ezzel párhuzamosan a genetikai sebezhetőség fokozódása. NÉMETH (1977) szerint a hibridek szülői vonalai 7-9 egymástól eltérő típust képviselnek. A fajtaösszetétel kialakításánál egymáshoz hasonló fajták kerültek a szortimentbe. Megtörtént a beszűkülés a génalap területén, mert ezek szelektálása után kevés olyan vonal maradt meg, amely biztosíthatta volna a változékonyságot (KAPÁS, 1977).

BÁLINT et al. (1972) arról számol be, hogy a mutánsvonalakkal előállított hibridkombinációk termőképessége elérte a standard (Mv 570) szintjét és annak 10,1 %-os fehérjetartalmát 2 %-kal múlta felül.

A genetikai homogenitás növekedése a biológiai háttér oldaláról a termésnövelés akadályozójává válik, mert a hibridek ökológiai érzékenysége nagymértékben fokozódik (VÁCZI, 1978). Ennek elkerülése érdekében MENYHÉRT (1979) genetikailag különböző hibridek termesztését javasolja a különböző éréscsoportokon belül.

A különböző FAO csoportokban szükség van olyan, egymástól eltérő genotípusú hibridek nemesítésére, amelyek mennyiségi és minőségi tulajdonságai a korszerű növénytermesztés feltételeinek megfelelnek (VÁCZI, 1979). A cél megvalósítása érdekében a kukorica nemesítésben felhasználható alapanyagbázis szélesítésére van szükség.

A növénynemesítésben a génkészletek gazdagításának hagyományos módszerein kívül újabb lehetőségek rejlenek a mutációk indukálásában, amely napjainkban új megvilágításba kerül.

A mutációs nemesítés révén olyan új tulajdonságokat tudunk kialakítani, amelyeket a populáció természetes genetikai változékonysága egyébként nem tenne lehetővé. A

genotípusos változékonyság mutációval történő növelése terén született eredményekről számolt be GREEN és PHILLIPS (1974). BÁLINT (1977 b), PÁSZTOR (1979 b, 1980 a).

A kukorica mutánsok felhasználhatók a heterózisnemesítésben. A mutációs nemesítés módszerét a szem speciális kémiai összetételének javításánál, a különböző mezőgazdasági és ipari hasznosításra végzett nemesítés során alkalmazták (PIOVARCI, 1981).

A kukorica nemesítésében nemcsak a hagyományos módszereknek van nagy szerepe, hanem egyre inkább megnő a genetikai és fiziológiai kutatások jelentősége is (OCHESANU és CABULEA, 1982).

TOMOV (1984 a) szerint a termelés intenzívebbé válásakor egyre fontosabbá válik a genetika, mint a növénynemesítés alapja. A kukorica esetén a produktívabb hibridek alkalmazásával a génekészlet szűkül, amely stresszhatások létrejöttéhez vezethet.

A kukorica hasznos mutációinak gyakoriságának fokozása érdekében az Ohio Mezőgazdasági Kutató Központ genetikusai mutagénekkel kezelték a növényeket (GENETIC RESEARCH, 1982). Egyetlen gén megváltozása több fontos jelleget (növénymagasság, virágzás, termés nagysága) befolyásolhat. A mutációs program végrehajtása során szelektált öt pozitív mutáns között egy olyan volt, amely hibridjében nagyobb termést indukált.

Az irányított keresztezési programok megvalósításában a genetikai divergenciának is igen nagy jelentősége van a nemzetközi együttműködésben, amely segítséget nyújt az eredményes hibridkukorica nemesítés megvalósításához (KAPPEL és ZIEGER, 1983).

A különböző kukoricanemesítési célok (tőszámsűrítéssel szembeni tolerancia, terméskomponensek, valamint a minőség javítása) megvalósítására a távoli keresztezések és a rekurrens szelekción kívül a mutációs nemesítés is eredményesen felhasználható (TOMOV 1984 b).

A heterózisnemesítés a vonalak uniformizálódásával géneróziót idézett elő. Ennek elkerülése érdekében nagyobb genetikai variációt biztosító, jó rezisztenciájú és alkalmazkodóképes vonalakra van szükség a kukorica nemesítésben. Ezek a vonalak a poliploidizáció, esetleg a nemzetség és illetve a fajtakeresztezések mellett mutációval állíthatók elő. Az alkalmazkodott csíraplazmában általában elég nagy a genetikai variáció, de ennek kiaknázása a szelekciós és az értékelési eljárások javítását is igényli.

HRISZTOV és HRISZTOVA (1986) a kukorica mutációs nemesítés témakörén belül a mutáns és a kiindulási forma hibridjének heterózisát és annak komponenseit tanulmányozta. Az OH-43 kiindulási vonal és az XM-532 mutáns keresztezések heterózishatást tapasztaltak, amely a csőhosszban és a csöveken levő szemszámban nyilvánult meg. Az F<sub>2</sub>

nemzedékben beltenyésztéses leromlás volt tapasztalható. A heterózis az allélek közötti és nem alléles (episztatikus) kölcsönhatás eredményeképpen jött létre. Az OH-43 mutagénnel történő kezelésével létrehozott mutációs változékonyság érintette a mennyiségi tulajdonságokat kontrolláló géneket, amelyek az XM-532-ben homozigóta állapotban voltak.

JORDANOVA et al. (1986) szintetikus kukorica populációt állított elő mutációs alapon magas lizin tartalmú kukorica rekurrens szelekciója céljából.

A pollenbesugárzás és génátvitel lehetőségeit vizsgálta SARI GORLA et al. (1987). Domináns markerű vonal besugárzott pollenjével végzett megtermékenyítésből az F<sub>1</sub> nemzedékben markerhiányos, defektes és különös genotípusok jöttek létre, de a valódi génátvitel nem volt igazolható. Az F<sub>2</sub> nemzedékben a recesszív anyai allélok domináltak, amiből az apai genom károsodására és kiszektálódására lehet következtetni.

Nemcsak a nemesítési alapanyagok diverzitása, hanem a kereskedelmi kukorica hibridek genetikai különbözősége is fontos a biotikus és az abiotikus stresszek általi sebezhetőség miatt. A genetikai sebezhetőség a genetikai különbözőséggel kivédhető, de ez utóbbi mérésére nincs jó módszer. TROYER et al. (1988) által javasolt módszer a relatív heterózison alapul (hibrid x hibrid keresztezés, önmegtermékenyített hibridek átlagteljesítménye, két hibrid teljesítményének átlaga) és a GD értékkel fejezhető ki. A GD érték minden mennyiségi jellegre kiszámítható.

A mutagenézis a legsikeresebben használható fel a szülői vonalak egyes kedvezőtlen bélyegeinek javítására és a fontos tulajdonságok hibridekbe történő bevitelére, értékes kémiai komponenseket tartalmazó mutánsok indukálására, a beltenyésztett vonalak kombinálódóképességének javítására, valamint rezisztens vonalak és hibridek előállítására (SZTOILOV és KISZOVA, 1989).

GENOVA et al. (1995) két kukorica vonalnál (W401, Ma 21) alkalmaztak mutagén kezelést (gamma sugárzás, kémiai mutagén). Az előállított mutáns vonalak tesztelése során megállapították, hogy a kedvező GCA értékekkel rendelkező vonalak szintetikus fajták előállítására, míg a kedvező SCA értékekkel rendelkezők pedig heterózis nemesítésben hibridek előállítására használhatók fel.

GENOVA és GENOV (1995) vizsgálataik alapján megállapították, hogy a mutáns vonalak a kiindulási vonalokhoz képest jobb kombinálódóképességet mutattak.

### **2.3. Energiatakarékosan termesztendő kukorica hibridek előállításának mutációs nemesítés alkalmazásával.**

Az energiagazdálkodás szempontjai egyre inkább előtérbe kerülnek a kukorica hibridek megválasztása során (KAPÁS és SOMSSICH, 1980). Több kutató (BÁLINT, 1967; MORGUN et al., 1971; FOTESCU és DOVGAN, 1975, WILKINSON, 1978) egybehangzó véleménye szerint a kukorica hibridek termőképessége, ezáltal az általuk létrehozott energia mennyisége növelhető mutánsvonalak alkalmazásával. A mutánsvonalak energiahozammal kapcsolatban levő kombinálódó képességét illetően igen sok szerző (BORDYNZHEVICH és ZVERERA, 1975; STOILOV és DASKALOV, 1976; BÁLINT et al., 1979) kedvező értékeket kapott. Ezenkívül a mutánsvonalakat felhasználhatjuk a kukorica energiát szolgáltató beltartalmi összetevőinek javításánál is (PÁSZTOR et al., 1980 b; KOVÁCS és PÁSZTOR, 1981).

A kukorica tenyészidejét, a hőegységet és annak számítási módját többen vizsgálták (TOLLENAR et al., 1979; JÓZSA, 1981; DERIEUX és BONHOMME, 1982). A tenyészidő változását egyesek (ALDRICH és LENG, 1972, MENYHÉRT, 1975) szerint a vegetatív, míg mások (NÉMETH, 1978) szerint a generatív szakasz változása vonja maga után. Az utóbbi időben a kutatók figyelmébe a tenyészidőszak második felének vizsgálatára irányult, több részre bontva a generatív szakaszt (ALDRICH és LENG, 1972; JOHNSON és TANNER, 1972; DERIEUX, 1975; SZENGEL, 1982). DAYNARD és DUNCAN (1969) szerint a szárazanyag maximum elérésekor feketaréteg alakul ki a szemalagnál és a táplálék áramlása a szem felé lelassul, majd teljesen megszűnik (GURJEV et al., 1976). A kutatások igazolták, hogy a fekete réteg kialakulása nem azonos nedvességtartalom elérésekor következik be (SUTTON és STUCKER, 1974), a jó vízleadó képességgel rendelkező törzsek alacsony nedvesség százalékot érnek el a fekete réteg kialakulása előtt (CARTER és PONELEIT, 1973).

Jelentős tételként szerepel a kukorica termesztés energia mérlegében a szárítási költség (HADI, 1982; DÖGEI, 1982; KÁLLAY és CSÁK, 1982). Az irodalomban közölt adatok egy része (HICKS et al., 1976) azt bizonyítja, hogy a kukoricánál a napi vízleadási ütemek között nincs szignifikáns különbség, más részben viszont lényeges különbséget mutat - a hibrideknél - a szemek fiziológiai érését követő vízleadásának intenzitásával kapcsolatban (CROSS, 1975). HALLAUER és RUSSEL (1962), valamint PURDY és GRANE (1967) gyors és lassú

vízleadó képességű vonalakat különböztettek meg, DERIEUX (1975) a lófogú (dent) típusú kukoricák 35 % szemnedvességet követő gyors vízleadását írta le a simaszemű (flint) típusal szemben. PÁSZTOR et al. (1983) megállapította, hogy mutánsvonalak felhasználásával az anyaként alkalmazott törzs és hibrid vízleadó képessége javítható.

GOGERTY (1981) az energiatakarékos hibridekkel végzett vizsgálatok eredményeit foglalta össze. A levélterület növelése, a fényt jobban hasznosító levélállás, a nagyobb fotoszintetikus hatékonyság, valamint a gyors vízleadó képesség irányában érdemes szelektálni.

A korai és középkorai hibridek előállításának szelekciós kritériuma a beltenyészett kukorica vonalak szemtermésének és csutkájának nedvességtartalma. A szem és a csutka víztartalma között pozitív korreláció áll fenn. Nemesítés szempontjából legértékesebbnek azok a keményszemű és lófogú vonalak bizonyultak, melyek esetében a csutka és a szem a beérés során a legtöbb vizet veszítette (KROLIKOWSKI, 1982).

Terméshozam és magminőség tekintetében kiváló kombinálódó képességgel rendelkező korai vonalakat kapott MATICK és CENCELJ (1981) hazai és külföldi mesterséges populációkra épülő nemesítési programban.

DUBURQ et al. (1983) vizsgálata, hogy milyen hatást gyakorol a genotípus és a környezet a kukorica vegetatív és generatív szakaszának időtartamára. A címer képződéséig a genotípus és a talajhőmérséklet egyaránt fontos a fejlődés menet befolyásolásában. A nővirágzás indukciójától a teljes bibevirágzásig terjedő időszak hosszát a genotípus határozza meg.

Az egyes fázisok közötti periódusok szerepének a kukorica tenyészidejének hosszára és produktivitására gyakorolt hatásának vizsgálata során megállapításra került, hogy a produktivitásra és a koraiságra történő nemesítés során törekedni kell a növekedés és szemképződés aránylag hosszú szakaszára, amit a szem kiszáradás és a teljes beérés rövid szakasza követ. Ezzel jelentősen lerövidíthető a tenyészidő hossza és bő termés biztosítható (ASZYKA, 1986).

A kukoricavonalak és hibridjeik lényegesen különböznek egymástól a szemek érés kori száradási sebességét illetően. A nedvesség-leadás sebessége öröklődő tulajdonság, amely lehetővé teszi a kiválogatást, mivel a vizsgált tulajdonság szoros korrelációban áll a cső és a szemek több morfológiai tulajdonságával. A kiválogatás során ezek markerként használhatók. A betakarításkori szemnedvesség-tartalom két változó függvénye. Az egyik a fiziológiai

érés kori nedvességtartalom a másik pedig az ezt követő kiszáradási sebesség intenzitása (ASZYKA és TROFIMOV, 1988).

BOKAJ (1988) a kukorica hibridek bioenergetikai hatékonyságának vizsgálata során megállapította, hogy ez a hibridek gazdasági értékelését minőségileg egészíti ki, valamint lehetővé teszi az összes energia ráfordítás csökkentését.

A korai kukoricák szántóföldi vízleadásának ütemét értékelte CROSS és KABIR (1989). Vizsgálataik eredményei alapján megállapították, hogy a korai hibridekben a cső nedvességtartalma nem társult a gyors vízleadással, így a két jellegre együtt kell szelektálni.

#### **2.4. Produkcióbíológiai vizsgálatok jelentősége a kukorica nemesítésben**

A kukorica termőképességének a termelés gazdaságosságának fokozása jelentős feladat a nemesítésben. A megközelítés lehetséges útja, hogy nemcsak a terméssel vagy a terméselemekkel, hanem az ezeket létrehozó élettani folyamatokkal számolunk, ezek optimumára szelektálunk. A módszerek közül jelentős a fotoszintézis intenzitásának, teljesítményének növelése. A feladat megoldása több oldalról is megközelíthető. Növeli a fotoszintézis teljesítményét az olyan hibridek előállítása, amelyeknek a kezdeti fejlődése nagyon gyors, a növény hamarabb takarja a földet, és így több fényenergiát hasznosít. Ezt a célt szolgálja az állomány LAI értékének növelése is. A kukorica hibridek 3,0-3,5 LAI értékét (levélterület index = Leaf Area Index,  $m^2 \cdot m^{-2}$ ) 4,5-6,0 értékre lenne célszerű emelni (BÁLINT, 1977).

A szakirodalomban igen sok utalás található a levélterület kialakításában szerepet játszó különböző faktorok hatásáról.

BLACKMAN et al.(1955) és WATSON (1956) az asszimilációs ráta és a levélterület-index közötti összefüggést; az állománysűrűség, levélterület és produktivitás kapcsolatát pedig BEZRUKOVA (1965), MOZSAEV (1966), BAJAI (1959), MAUL et al. (1964), TOUNI (1968) vizsgálta. A levélterület-index és a várható terménymagyság összefüggésére vonatkozóan EIK et al. (1966) közöl adatokat.

A növénytermesztési gyakorlatban a fotoszintézis útján potenciálisan elérhető növényi produkciónak csak kis hányada realizálódik. Ezért a növény nemesítés feladata az, hogy korszerű genetikai összetételű fajtákkal a fotoszintézis intenzitását, teljesítményét növelje.

A szervesanyag termelés optimuma szempontjából fontos az is, hogy milyen az asszimiláció és a disszimiláció egymáshoz viszonyított aránya. A kétvonalas hibridek



fotoszintézis intenzitása felülmúlja a normál és mutáns beltenyésztett vonalakét, a hibridek légzési sebessége viszont kisebb a szülői vonalak átlagához viszonyítva (SERBANESCU 1966).

Hasonló megállapítást tett GÖRING (1963). Kutatási eredményei azt mutatták, hogy az oxigénfogyasztás g/szárazanyag értékben kifejezve a mutáns- és normál vonalakban nagyobb volt mint a hibridekben.

A szervesanyag termelést illetve az asszimiláció határfokát számos fiziológiai és morfológiai tényező határozza meg. LOOMIS és WILLIAMS (1972) szerint a szárazanyag és a hasznos termés növelése szempontjából fontos a kukorica hibridek és szülői vonalaik esetében a felálló levélállás, DUNCAN (1975) vizsgálati eredményei alapján pedig a levélterület-index bizonyos határig történő növelését tartotta fontosnak.

A termelés-biológiai szemlélet alapján a növénynevelésben a hasznos termés előállítása szempontjából ideálisnak mutató kukorica hibridek előállítása a cél. E tekintetben azonban a termőképesség és a nettó asszimilációs ráta (NAR) korrelációját nem lehetett megállapítani, mivel az asszimiláták a különböző növényi részek esetében eltérő mértékben oszlanak meg (LUPTON, 1966).

BELLINI és FUSI (1961) alapján szabadlevirágzású fajtákhoz viszonyítva a hibridekben egyrészt az egységnyi levélterületre vonatkoztatott szárazanyag termelés is nagyobb, másrészt GYÖRFFY et al. (1965) szerint a generatív szervek aránya is kedvezőbb.

JORDANOV és SOPOVA (1981) a kukorica fotoszintetikus aktivitását, valamint a fehérje produktivitását növelő tényezők vizsgálata alapján megállapította, hogy a heterózishatás általában a fotoszintézis produktivitását, megfelelő tápanyag ellátás mellett pedig a fehérje produktivitást is növeli.

Rekurrens fenotípusos szelekciót végzett CROSBIE et al. (1981) a fotoszintézis hatékonyságának növelésére. A nagy CO<sub>2</sub> kicserélődési ütemre (CER) végzett rekurrens szelekció a levél fotoszintézisének javulását eredményezte.

MITEV és CANKOVA (1983) a termés növelése szempontjából a beltenyésztett vonalak többsövűségét vizsgálta. A többsövűség donorjaként pátogatnivaló kukorica szerepelt. A kétcsöves növények termése az egycsövéktől átlag 61,5%-kal magasabbnak mutatkozott, az eltérés pedig 0,1% P valószínűségi szint mellett bizonyítható.

ALBERGONI et al. (1983) 6 beltenyésztett vonal és ezek F<sub>1</sub> hibrid utódainak CO<sub>2</sub> megkötését elemezték. Az egyes vonalak között jelentős variabilitást tapasztaltak a fotoszintetikus aktivitás tekintetében. A statisztikai elemzések eredményei alapján

megállapították, hogy a fotoszintetikus aktivitásban jelentős a heterózishatás az  $F_1$  hibridek esetében és ez szoros pozitív korrelációt mutat a növények vegetatív jellemzőinek javulásával.

Kísérleteik eredménye alapján a fotoszintetikus potenciál értéke szelekciós indexként alkalmazható a növénynemesítési munkában.

Kultúrnövényeink kifejlett egyedeinek állományaiban a levélterületi index értéke:  $4-8 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ . Ilyen állománysűrűségnél a növényegyedek produktivitása csökken, de az állomány primer produkciója a maximálishoz közeli érték (PETHŐ, 1993).

A növények levélfelületének nagysága és a szemtermés között összefüggés van. A hektáronkénti szemtermés - öntözött hibridkukorica állományban - az állománysűrűségtől függően a  $3,5 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$  levélterület-index értékig lineárisan, majd a 6-7 értékig kevésbé növekszik (BOCZ, 1992).

## **2.5. A kukorica szárazanyag gyarapodásának vizsgálata diallél rendszerekben klimatikus stresszfüggvény alkalmazásával**

A növények és egyéb élőlények sejtjei, szövetei és szervei matematikai függvényekkel leírható módon gyarapodnak, növekednek. A növekedés és fejlődés folyamata biológiai rendszereknél általában genetikailag meghatározott folyamat. A környezeti feltételek többé kevésbé módosíthatják ezeket a determinált folyamatokat. Már a század 30-as éveiben LUMER (1937) felhívta a figyelmet arra, hogy PEARL és REED (1923) által publikált szigmoid függvény alkalmas a növekedési folyamatok leírására. A század ötvenes éveiben von BERTALANFFY (1957) kutatási eredményei megerősítették Lumer elméletét, miszerint a növényi és állati fejlődésben a tömeggyarapodás kezdetben exponenciális majd monomolekuláris vagy telítődési függvénnyel jellemezhető.

Növényi tömeggyarapodást (esetünkben kukorica) többféle módon vizsgálhatjuk. A klasszikus megközelítés, amikor a fotoszintézis általi szerves anyag képződésből levonjuk a légzés általi tömegcsökkenést. Ennek az egzakt fizikai megközelítésnek a legnagyobb problémája, hogy a szoláris energia kémiai energiává történő konverziója meglehetősen bonyolult biokémiai mechanizmusokon keresztül megy végbe, melyhez szükséges input adatok sok esetben nem állnak rendelkezésre valamint mérésük nagy nehézségekbe ütközik. Ezért gyakran más utat választanak a kutatók a szárazanyag gyarapodás szimulálására. A statisztikai módszerekkel történő szárazanyag tartalom becslésre szintén számos irodalmi utalást találhatunk. Több szerző BERÉNYI (1945), SESTAK et al., (1971); ÁBRÁNYI

(1979); DUNKEL et al.(1984); HUNKÁR (1990), foglalkozott a kukorica tömeggyarapodásának éghajlati kapcsolatával.

A többváltozós regressziós statisztikai vizsgálatokkal kapott eredmények sok hasznos információt tartalmaztak, viszonylag jól adták vissza a tömeggyarapodási görbe menetét, de olyan alapvető kiindulási feltételnek mint a változók normális eloszlása és függetlensége sajnos nem tudtak maradéktalanul megfelelni. Még a dinamikus szimulációs modellekkel kapott eredmények sem tudták kezelni a tömeggyarapodásban létrejövő száraanyag csökkenést (DUNKEL et al.1987; LAKATOS, 1995).

Növekedési függvényeket leggyakrabban a növény-időjárás analízis modellekben alkalmazzák, mert:

- alkalmazásuk segítségével a fotoszintézis és légzés folyamatának bonyolult számítási formulája figyelmen kívül hagyható,
- a különböző növényi részek növekedési dinamikája a teljes növekedési periódusban egyszerűen, zárt alakban megadott egy vagy több változós függvénykapcsolattal jellemezhető.

A növekedési függvények jellegükből adódóan nem veszik figyelembe a szárazanyag-tömeg csökkenést. A tömeggyarapodási dinamika becslése pedig lényegesen javulna, ha a tömegcsökkenéseket is figyelembe tudnánk venni.

További problémát jelent, hogy növényi növekedés leírása során a szerzők rendszerint egy vagy csak néhány fajtát vizsgálnak, így az eredmények korlátozott felhasználhatóságot biztosítanak. Nagyon kevés az irodalmi utalás (akár hazai akár nemzetközi viszonylatban), amely nem egyedenként, hanem teljes diallél rendszerben vizsgálja valamilyen modell segítségével - pl. az időjárási hatások függvényében - a növényi növekedési, fejlődési viszonyokat.

A vizsgálatok módszere és az alkalmazott változók tekintetében voltak és vannak is különbségek, azonban a legtöbb külföldi és hazai szerző (SCHIMPER, 1903; KLAGES, 1934; MONTEITH, 1981; HUNT, 1978; ÁBRÁNYI, 1979; PETR et al. 1985; VARGA-HASZONITS, 1987g) egyetért abban, hogy mind a teljes növény, mind az egyes növényi részek tömeggyarapodása is jól közelíthető logisztikus görbével. A vetés és érés közötti növekedési folyamatra olyan növekedési függvényt kell illeszteni mely eleget tesz mindkét feltételnek.

Az említett kritériumoknak leginkább a logisztikus növekedési függvény felel meg, amely szimmetrikus növekedési menetet feltételez. A Gompertz és a Chanter féle növekedési

függvények esetében nem szimmetrikus a kezdeti és végső növekedési intenzitás. A természetben lejátszódó folyamatok WEYL (1982) szerint a szimmetriát részesítik előnyben a tényleges körülmények gyakran torzítják a valóságban ezt a törekvési irányt. Mivel azonban az utóbb említett függvények paraméterezése és illesztése bonyolultabb, így a vizsgálatok során logisztikus növekedési menetet szükséges feltételezni.

Mindkét fent említett problémára megoldást jelenthet, ha nem az átlagos szárazanyagtartalom-, hanem a maximum értékekre illesztünk logisztikus növekedési függvényt. Az így illesztett burkoló görbe az éghajlatilag lehetséges növekedési optimumot reprezentálja (LAKATOS et al. 1996).

A növényi stresszhatás tömeggyarapodási vizsgálatokban való figyelembe vételével szintén több szerző végzett vizsgálatokat. A leggyakoribb megközelítési mód, amikor a vízstressz értékét növényi felszínhőmérsékleti adatok segítségével határozzák meg IDSO et al. (1981). A növényállomány felszínhőmérsékletéből parametrizált vízstressz-index valamint a nettó fotoszintézis szoros kapcsolata került megállapításra CHOUDHURY (1986) munkájában is.

A diallél rendszeren keresztüli fajtreakciók vizsgálata azért fontos, mert segítségével részletes genetikai információt kaphatunk a vizsgált növényről, a gének additív hatásairól, továbbá azon gének dominanciájának fokáról és irányáról, amelyek a jellegek kifejlődését szabályozzák. Információt kaphatunk továbbá a domináns és recesszív gének gyakoriságának viszonyáról meghatározott lokuszban. A növekedés-analízis diallél rendszerbeli alkalmazása segítségével teljesebb képet kaphatunk a kukorica környezeti (meteorológiai-, és talajtani) tényezőkre adott reakcióiról és ennek genotípusos függőségéről. Az alkalmazott modell segítségével a növénytermesztők számára gyakorlatiasabb, szélesebb körben felhasználható információk nyújthatók. Alkalmazása segíthet feltárni a szárazságtűrés öröklődését, azaz kiválaszthatók azok a legjobb kombinálódó képességgel rendelkező szülői vonalak, amelyek  $F_1$  hibrid utódai legkevésbé érzékenyek az utóbbi években többször is előfordult nyári szárazságra (LAKATOS et al., 1996).

## 2.6. A sugárkezelt beltenyésztett pozitív transzgresszív mutáns kukoricavonalak kombinálódó képességének vizsgálata és genetikai analízise

A nagyszámú, nagy genetikai variabilitással rendelkező beltenyésztett törzsek közül a legjobb kombinálódó képességűek - amelyek a legértékesebb gazdasági értékmérő tulajdonságokkal rendelkező F<sub>1</sub> hibridnemzedéket adják - diallél analízis alkalmazásával válogathatók ki.

A diallél analízis a növénynevelésben alkalmazott kvantitatív genetikai módszer, amellyel egy populációban, vagy a kiválasztott szülőktől származó utódokban előforduló gének és a környezet hatását lehet becsülni (MOHAY, 1986).

Speciális célra, örökléstani vizsgálatokra e módszer jól alkalmazható. Segítségével a mennyiségi jellegek örökölhetősége értékelhető. A diallél keresztezés lényege, hogy minden keresztezési partnert minden másikkal keresztezünk és előállítjuk a reciprok kombinációkat is. A diallél kísérletnek két típusa van: a *teljes diallél* és a *részleges diallél*.

A *teljes diallél* típusú kísérletekben a kombinációk száma, beleértve az öntermékenyítést is, a szülőtörzsek számának négyzetével lesz egyenlő ( $n^2$ ). Abban az esetben, ha a szülőtörzsek száma négy akkor a kombinációk száma  $4 \times 4 = 16$  db. Ezek közül hat egyenes keresztezésből származó F<sub>1</sub> hibrid, hat reciprok F<sub>1</sub> hibrid és négy beltenyésztett szülőtörzs hozható létre (PÁSZTOR, 1988).

Az értékelés matematikai módszerének két iskolája ismert: az amerikai (GRIFFING, 1956) és az angol (Hayman, Jinks) (MOHAY, 1986). A diallél analízis lehetőséget nyújt részletes információ szerzésére az analizálandó formák más genetikai sajátosságairól is. Többek között a gének additív hatásairól, azon gének dominanciájának fokáról és irányáról, amelyek a jellegek kifejlődését szabályozzák. Információt kaphatunk a domináns és recesszív gének gyakoriságának viszonyáról meghatározott lokuszban (TURBIN, N.V. et al., 1974). A beltenyésztett kukorica vonalakkal létrehozott diallélrendszerek segítségével meghatározható az egyes vonalak *általános* (GCA: General Combining Ability) és a *specifikus* (SCA: Specific Combining Ability) kombinálódó képessége.

A vegetatív és generatív szervek morfológiája és struktúrája igen változatos a kukorica esetében. Ezt a változatosságot nagyszámú faktor ellenőrzi. Mintegy 70 lokuszt állapítottak meg, amely kapcsolatban van a morfológiai és struktúrális tulajdonságokkal (MENYHÉRT, 1985 b).

A nemesítési növényanyag genetikai szerkezetének ismerete alapvetően fontos a sikeres nemesítői munkához. A gazdasági szempontból fontos tulajdonságok legtöbbször környezeti hatások által befolyásolt poligénes determináltságú. Ezek hatása a mendeli szabályoknak megfelelően additív, illetve domináns és episztatikus jellegű (MATHER és JINKS, 1971).

Amikor az egyik vonal átlagos produktivitása nagyobb, mint a másiké, akkor valamennyi hibridjének az elemzésén alapszik annak megállapítása, hogy vajon ennek a vonalnak jónak tekinthető-e az általános kombinálódóképessége vagy sem. Abban az esetben amikor egy szülő átlag fölötti produkcióval rendelkezik, akkor annak megállapítása, hogy a specifikus kombinálódó képessége jó-e bizonyos utódai hozamának vizsgálatán alapszik. Hasonlóképpen csekély kombinálódó képesség is meghatározható (RÉDEI, 1987 b).

A kombinációs partnerként alkalmazott beltenyésztett vonalak megfelelő kiválasztása és keresztezése eredményeként olyan  $F_1$  hibrid jöhet létre, amelynél jelentős heterózishatásra számíthatunk.

A heterózis a keresztezéssel előállított hibridek fenotípusos fölénye (hibridvigor) a szülőkhöz viszonyítva. A heterózis azt a genetikai mechanizmust jelenti, amivel a genetikailag nem hasonló egyedek hibrid utódai egy vagy több tulajdonság kialakulásában a szülőket felülmúlják (PÁSZTOR, 1987).

A kombinálódóképesség eredményesen alkalmazható azon vizsgálati eljárások folyamán, ahol a vonalak teljesítményét kívánjuk tanulmányozni és összehasonlítani a hibridkombinációkban (DANIEL és BAJTAY, 1975). Ezért igen nagy jelentőségű a SPRAGUE és TATUM (1942) által megalkotott általános és specifikus kombinálódóképesség vizsgálata.

A kombinálódóképesség vizsgálatára alkalmas diallél keresztezési módszer igen nagy előnyét JOHNSON (1963) abban látta, hogy az eljárás alkalmazásával az egyes keresztezések értékéről tájékozódhatunk. Az egyes tulajdonságok javításához felhasználható szülőpartnerek kiválaszthatók és a tenyészanyagban szereplő fajták értékéről, felhasználásuk lehetőségeiről információkat nyerhetünk.

Kukorica mutánsok kombinálódó képességét és olyan jellemzőiket vizsgálta BRODYNZHEVICH és ZVERERA (1975), amelyek a termésösszetevőkkel állnak összefüggésben. A vizsgálat során két olyan mutánst találtak, amelyek valamennyi vizsgált tulajdonságuk alapján jó termőképességgel rendelkeztek.

A kombinálódó képesség javulását tapasztalta STOILOV és DASKALOFF (1976) is a vizsgált hibridkombinációk egy részénél.

BÁLINT et al. (1979) gyors neutron sugárforrás alkalmazásával korai mutánsokat állított elő. Az esetek egy részében a mutánsok kombinálódó képességének javulását tapasztalta, ezzel egyidejűleg azonban a szárszilárdságuk nem javult.

LANGER (1976) korai mutáns kukoricákat állított elő, azonban a fenti szerzőkkel ellentétben az általános kombinálódó képesség romlását tapasztalta.

Bőtermő, korai és kiváló állóképességgel rendelkező kukorica hibridek előállításának genetikai lehetőségét vizsgálta diallél keresztezési rendszerekben CABULEA et al. (1980). Eredményeik alapján az 50 % -os bibehányás idejét és a betakarításkori nedvességtartalmat additív hatások határozzák meg. Az állóképesség additív, nem additív és reciprok; míg a szemhozam additív nem additív, valamint citoplazmatikus eredetű hatások által szabályozott.

HATÜLEVA és PALANECKAJA (1981) különböző beltenyésztettségi szintű kukoricavonalak kombinálódó képességét analizálták a csövek hosszára, tömegére, átmérőjére, a szemsorok számára, valamint a növénymagasság illetve a cső illeszkedési magasságára.

ROOD és MAJOR (1981) diallél analízist végeztek a fattyasodás és a virágzási idő öröklődésére korai érésű kukoricavonalak esetén. A fattyúhajtás képződés szignifikáns genotípusos eltéréseket és GCA hatásokat mutatott, azonban az SCA és a reciprok hatások nem voltak szignifikánsan igazolhatóak. A fattyasodás öröklődésében részleges és teljes, valamint overdominancia is jelentkezett. A jelleg heritabilitási értéke ( $h^2$ ) kicsi, tehát a tulajdonság kialakulása a környezeti hatásoktól erősen függ. A virágzási idő öröklődésében szintén a részlegestől az overdominanciáig terjedő hatások léptek fel. A fattyasodás illetve a virágzási idő az  $F_2$  nemzedékben nem mutatott független hasadást és köztük egy kivételtől eltekintve erős, szignifikáns negatív korreláció lépett fel. A két jelleg génjei tehát vagy kapcsoltak, vagy pedig pleiotróp hatás érvényesül. Ez az igen korai és fattyasodásra nem hajlamos hibridek előállítását jelentősen megnehezíti illetve ki is zárhatja.

A fenotípusos varianciának azt a részét, amely a gének átlagos hatásától függ, örökölhetőségnek (heritabilitás) nevezzük. A tágabb értelemben vett heritabilitási ( $h^2$ ) érték a genotípusos és a fenotípusos variancia hányadosaként értelmezhető ( $h^2=V_G/V_P$ ). A szűkebb értelemben vett heritabilitást az additív genetikai variancia és a fenotípusos variancia hányadosa adja:  $h^2=V_A/V_P$  (MENYHÉRT, 1985 c; MOHAY 1986).

A kukorica több, nemesítés szempontjából jelentős bélyegének vizsgálata során megállapítható, hogy a vonalak általános kombinálódó képessége (GCA) és a hibridek produktivitása, a csövenkénti szemsorszám és a soronkénti szemszám között szoros pozitív korreláció áll fenn (SZKOROBREHA és ZAHOVA, 1982).

A mennyiségi tulajdonságokat a kukorica esetében nagyszámú gén (poligén) határozza meg. Hatásuk lehet recesszív, domináns, részlegesen domináns vagy overdomináns (MENYHÉRT, 1985).

A kukorica növénymagasságának öröklődésében az overdominancia hatása elsődleges (HRISZTOV et al. (1982 a).

HRISZTOV et al. (1982 b) a kukorica mennyiségi bélyegeinek öröklődését és a genetikai paraméterek változékonyságának vizsgálata során megállapították, hogy a cső- és a szemhosszúság öröklődése esetében jelentős szerepet játszik a szuperdominancia. A legfontosabb szerepe a domináns gén hatásának van, de az additív és episztatikus gének hatása is jelentős. A környezeti tényezők megváltozása módosíthatja ugyan a génhatás kifejeződését, azonban viszonylagos jelentőségüket nem csökkenti.

A termésmennyiség öröklődésének vizsgálata során megállapításra került, hogy a szemtermés mennyiségét nem additív és additív génhatások egyaránt befolyásolják, azonban az additív génhatások erőteljesebbek (DRAGANIC et al., 1982).

KLJUCSKO és FESZENKO (1983) szerint a kétcsövűsége történi szelektálás során mind a fajták, mind a hibridek előállításához szükséges a szülői vonalaikban növelni a kombinálódó képességet és a létrehozandó forma plasztikusságát, ezen keresztül a termőképességet is.

Az állománysűrűség és a kombinálódó képesség vizsgálata során megállapítható, hogy az állománysűrűség fokozása a szemmagyságot, a soronkénti szemszámot és az átlagos növényenkénti csőszámot csökkenti, de az általános (GCA) és a specifikus (SCA) kombinálódó képességre gyakorolt hatásai - a soronkénti szemszám kivételével - nem megbízhatóak. A szemek nedvesség tartalmában illetve a csövenkénti szemsorok számában megbízható reciprok hatás mutatkozott (CROSS és HAMMOND, 1983).

MANN és POLLMER (1983) a különböző géncsoportokból származó kukorica vonalak hibridjeinek reciprok keresztezési különbségeivel foglalkoztak. Kísérleti eredményeik alapján megállapították, hogy a simaszemű x lófogú keresztezés elvégzéséből származó diallél populációkban szignifikáns reciprok hatás nem jelentkezett, azonban a flint vonalak anyai szülői komponensként általában előnyösebbek voltak, mint apaként.



A kukorica növény produktivitásának és a szem abszolút tömegének öröklődését vizsgálta HRISZTOV et al. (1983). A produktivitás kialakulására a legerőteljesebb hatást az episztatikus és az additív, mintegy 3-15 gén gyakorolja. A szem abszolút tömegét viszont 3-12 domináns gén határozza meg.

SANGHI et al. (1982) a kukorica szemtermésére és a cső jellegére vonatkozó heterózist és génhatásokat határozta meg. A szemtermés, a csőhossz-, és átmérő, a csutkaátmérő és a csővenkénti szemsorok számának tekintetében additív genetikai hatások domináltak. Korai fajtákkal mind a harvest-index, mind a biológiai termés javítható.

Teljesítmény és kombinálódó képesség vizsgálatokat végzett STANGLAND et al. (1983) a javított kukorica populációból származó, szelektált törzsek értékének meghatározására.

A kukorica egyedfejlődését szabályozó jellegek öröklődésének vizsgálata során megállapításra került, hogy a korai kukorica beltenyésztett vonalakban a rövid juvenilis szakasz és a nappalhossz-érzékenység dominánsan öröklődik (ROOD és MAJOR, 1983).

A heterózishatás és a tulajdonságok öröklődésének tanulmányozása elősegítheti a szülői komponensek hatékonyabb kiválasztását. A termésképző elemek túlnyomórészt overdominánsan öröklődnek TOMOV (1984 a).

MO HUIDONG et al. (1984) a kukorica mennyiségi tulajdonságainak genetikai elemzésének elvégzése során megállapította, hogy az esetek túlnyomó részében az additív hatások a legjelentősebbek, a dominancia többnyire másodlagos. A szubpopulációkban jelentős a variabilitás veszteség.

A genetikai paraméterek változékonyságát vizsgálta a termőképesség és a termésösszetevők szempontjából GENOVA (1984). A termésösszetevők közül a szemhossznál és a csőhossznál nagyobb jelentőséggel bír az overdominancia. A csővenkénti szemsorszám öröklődése intermedier vagy részlegesen domináns, egyes esetekben overdominancia figyelhető meg. A termésösszetevők öröklődésében episztatikus és additív génhatások játszanak elsődleges szerepet. A szem-, és a csőhossz öröklődése esetében jelentősek a domináns génhatások, a csővenkénti szemsorszám kialakulásánál pedig az additív génhatás az elsődleges.

KATSANTONIS (1986) a szemtelítődés tartamának és ütemének öröklődését és azok viszonyát vizsgálta a kukorica terméshozamának kialakításában. A terméshozam pozitív korrelációban volt a szemtelítődés időtartamával és rátájával, valamint negatív korrelációban áll a szemnövekedés megkezdődéséig eltelt idővel. A szemtelítődés üteme és a lag-periódusa

inkább az általános (GCA), a szemtelítődés hossza, valamint a termés hozam inkább a specifikus (SCA) kombinálódó képességtől függött.

SHANI et al. (1986) vizsgálatai a szemtermés és a termésösszetevők genetikai variabilitásának vizsgálatára irányultak a kukoricánál kétféle tőszám esetében. A termés meghatározásában a nem additív genetikai variancia, a termésösszetevőkben pedig az additív genetikai variancia volt a legjelentősebb. Additív genetikai variancia és a tőszám közötti kölcsönhatás csak a csövenkénti szemsorok számának befolyásolásában volt szignifikáns. Normál vetési sűrűség mellett az intrapopulációs rekurrens szelekció javasolható termés és a termésösszetevők javítására.

Beltenyésztett kukorica vonalak általános kombinálódó képességének diallél keresztezésekben való tanulmányozásakor megállapításra került, hogy az általános-, és specifikus kombinálódó képesség ismeretében a nemesítő könnyebben ki tudja választani azokat a szülőpárokat, amelyek azután nagy termőképességű hibrideket eredményeznek (MIN'O SZEGARRA, 1985).

Composite Rattan opaque-2 populációban végzett genetikai elemzés során PAL (1986) azt tapasztalta, hogy az additív genetikai variancia a szemtermés és a koraiság tekintetében mutatott szignifikanciát, azonban mindkettő szignifikáns volt a növénymagasságra, a cső eredési pontjára és a termés tömegére.

HOTYLEVA et al. (1986) a kukorica vonalak mennyiségi tulajdonságainál a kombinálódó képesség genetikai integrációját vizsgálta különböző keresztezési rendszerek alkalmazása esetében. Viszonylag magas heterózis hatás jelentkezett azokban a kombinációkban, ahol legalább a keresztezési partnerek egyike magas általános kombinálódó képességgel rendelkező vonal volt. A heteróizhatás kialakulásában fontos szerepet játszott a specifikus kombinálódó képesség is. A specifikus kombinálódó képességet meghatározó fő ok nem a dominancia és a vele kapcsolatos kölcsönhatás, hanem az additív x additív típusú episztázis, amely nemcsak az F<sub>1</sub> hibridekben jelentkezik, hanem a későbbi nemzedékekben is.

Introdukciós vonalak kombinálódó képességének vizsgálatakor kimutatható volt, hogy a heteróiznemesítésben azok a vonalak használhatók fel, amelyek specifikus kombinálódó képessége kiváló; míg a magas általános kombinálódó képességgel rendelkező vonalak szintetikus populáció előállítására alkalmasak (GENOVA, 1987).

BLIYA és BURRIS (1988) a kukoricaszemek kiszáradási ártalom tűrésének diallél analízisét végezték el. A nagy nedvességtartalmú kukoricaszemek mesterséges szárítása csökkentte azok életképességét és minőségét. A kiszáradási ártalomra toleráns, közömbös és

érzékeny vonalak diallél keresztezéséből származó, nagy nedvességtartalmú szemeket 50 °C-on szárították és vizsgálták toleranciájukat a kiszáradási ártalomra. A tolerancia variációjában az additív és anyai hatások fontosabbak a nem additív és a reciprok hatásoknál. A kiszáradással szembeni tolerancia anyai, citoplazmatikus öröklődésű.

Hét különböző kukorica populációval végzett diallél keresztezési rendszerek elemzése során KHALIFA és DROLSOM (1988) meghatározták a szülők és az utódok általános (GCA) és specifikus (SCA) kombinálódó képességét a kukorica mollyal szembeni rezisztenciára, a szemhozamra és a növénymagasságra. Mindhárom vizsgált tulajdonság esetében szignifikáns GCA és SCA eredet igazolható.

Komplett 12 szülő-s diallél rendszer vizsgálata során a 66 F<sub>1</sub> hibridnél több esetben kiváló vonalak kerültek kiválasztásra a termőképesség alapján (JHA, 1993).

ALIKA (1994) kukorica esetében a cső morfológiai tulajdonságait vizsgálta diallél analízis alkalmazásával. Reciprok keresztezés nélküli rendszerben tanulmányozták 6 fajta között a genetikai hatásokat. Igen sok fajta esetén magas GCA értékeket találtak a csőtömegre vonatkozóan.

MARCSENKO et al. (1989) beltenyésztett kukorica vonalak kombinálódó képességének előrejelzésére molekuláris és biokémiai módszereket alkalmazott. Szemes-, és silóhibridek nemesítésénél egyaránt meghatározta POROHNJA (1989) a kukorica vonalak kombinálódó képességét, mely gyakorlati ajánlásként szerepelt a vonalak felhasználása szempontjából. Két csövet termő kukorica vonalak diallél keresztezési rendszerekben történő kombinálódó képesség vizsgálata során PAVLOVA (1989) megállapította, hogy a sokcsövűség örökletességében döntő szerepet játszanak az additív hatású gének.

Tíz beltenyésztett kukoricavonal diallél keresztezését vizsgálta ZIEGLER (1987) tájegységek, évek, populációsűrűség, makro- és mikro környezet szerint. Az eredmények alapján modellt készítettek a variancia komponensek és összefüggéseik ábrázolására.

Simaszemű és lófogú (flint és dent) vonalak diallél keresztezésének vizsgálatakor MORENO és GONZALEZ (1988) megállapította, hogy a specifikus kombinálódóképesség tekintetében a fxd (simaszemű x lófogú) csoport minden esetben pozitív eredményt adott. Ugyanakkor a dx d (lófogú x lófogú) valamint az fxf csoport esetében negatív eredményeket kaptak. Az általános kombinálódóképesség értékei a d (lófogú) vonalak esetében jobbnak mutatkoztak.

Szignifikáns GCA és SCA eredet, variáció keletkezett a szárazanyag termelésben és a betakarításkori szárazanyag tartalomban. A cső és a csutka szárazanyag termelése között

szignifikáns összefüggés volt tapasztalható. A variáció és kovariáció alapján ezek a mutatók nagyobb szárazanyaghozamú genotípusok kifejlesztésének irányában manipulálhatók (DHILLON et al., 1990).

A GCA és a SCA komponensek vizsgálata alapján NEVADO és CROSS (1990) megállapította, hogy nagyobb termőképességű utódok szelektálása végezhető el a csövenkénti szemsorszámra, szemtömegre, relatív növekedési rátára, valamint a levélhosszra. Kevésbé alkalmazható soronkénti szemszámra és szemtermésre.

BENAVIDEZ és JASA (1993) az additív és nem –additív hatásokat vizsgálta kukorica populációkban. Szignifikáns GCA hatást tapasztalt a hím- és nővirágzásig eltelt napok számát illetően. A termést additív és nem –additív genetikai hatások határozták meg. Meghatározott keresztezések esetén szignifikáns reciprok hatást igazoltak.

HOHLS et al. (1994) a diallél analízist széleskörűen használt nemesítési eszköznek tartja, amely értékes genetikai információt szolgáltat a kísérleti anyagról. A diallél rendszerek közül a Garner & Eberhart (1966) módszerét találta a legfontosabbnak. A statisztikai módszerek a diallél rendszerekben elsősorban előrejelzésre használhatók és nem pedig a nemesítési anyag leírására.

Diallél „set”-ek alkalmazása során pozitív GCA értékkel rendelkező vonalak kiválasztására került sor. A vizsgálatok alapján bizonyításra került, hogy voltak olyan vonalak, amelyek szintetikus fajták és alappopulációk előállítására használhatók fel rekurrens szelekció révén (VILLANUEVA et al., 1994).

SATYANARAYANA et al. (1994) 10 beltenyésztett vonalnál és a hozzá tartozó 45 kombinációnál (reciprok keresztezések nélkül) végezték a vizsgálatot. Additív és nem-additív genetikai hatásokat találtak fontosnak az éréssel összefüggésben és a termőképesség tekintetében. A termést illetően a nem additív genetikai hatások mutatkoztak dominánsnak. Az eredmények rámutattak arra is, hogy a per-se teljesítmény, alapján nem lehet az egyes vonalak tulajdonságait megítélni, hiszen magas SCA értékek esetén kiváló SC hibridek állíthatók elő.

BUHINICEK et al. (1994) azt tapasztalta, hogy a GCA és SCA variancia értékek magasabbak voltak Griffing 2-es módszerét használva, mint 4-es esetében. Bizonyos tulajdonságok esetén (szemnedvesség és szárszilárdság) a két módszer használatánál nem találtak szignifikáns különbséget.

A termés és a szemnedvesség vizsgálatai alapján nem additív hatások kerültek leírásra. Teljes diallél rendszer vizsgálata során 7 szülői vonal esetén nem találtak szignifikáns reciprok hatást. Több vonalnál magas GCA értéket igazoltak (DAMBORSKY et al., 1994).

EL-HOSARY et al. (1994) 8 beltenyésztett vonalnál és azok hibridjeinél végeztek vizsgálatot. A GCA érték valamennyi esetben szignifikáns volt (kivéve a nővirágzás ideje). Hasonló eredményt mutatott az SCA elemzése is. Itt is kivételként szerepelt a nővirágzást, a növény magasság és a csövenkénti szemszám.

ZHENG et al. (1995) kombinálódó képességre és genetikai paraméterekre vonatkozó vizsgálataival megállapította, hogy a növénymagasság és a csőhosszúság szignifikáns korrelációban volt a szemterméssel. Az általuk vizsgált vonaloknak nagy volt a GCA értékük az említett tulajdonságok esetén.

KALITA et al. (1995) vizsgálatai alapján az SCA és GCA szignifikáns volt valamennyi általuk vizsgált paraméterre, kivéve a növényenkénti csőszámot és a cső betakarítás utáni nyers tömegét tekintve. Megállapításra került a GCA/SCA arány is.

SOTCHENKO és NOVOSELOV (1995) GCA-ra és SCA-ra vonatkozó kutatásai alapján (9 szülő és ezek utódnemzedéke) a csemege kukorica szülői vonalak a termőképességre irányuló nemesítésében a következő tulajdonságok nemesítésénél használhatók fel: cső átmérő, csőhosszúság, tenyészidő lerövidítése és az optimális növényi habitus.

A vizsgálatok eredményei alapján kimutatható, hogy a heterózis hatás a növényenkénti szemtermés előrejelzésében volt igen hatékony, míg a GCA értékek elsősorban az aktuális hibrid teljesítmény előrejelzésében használhatók fel (ALTINBAS, 1996).

HERNANDEZ és VEGA (1996) Jinks-Hayman módszerét alkalmazta 10 kukorica vonal kombinálódóképesség vizsgálatánál. A szemtermésnél domináns génhatást tapasztaltak, komplementer interakciókkal és overdominanciával.

IVAHNENKO és BORISZOV (1986) szerint a fuzárium-ellenállóság donorainak kimutatására a kukorica kiindulási vonalai között célszerű a diallél analízis alkalmazása. Statisztikailag megbízható kapcsolatot mutattak ki az általános kombinálódó képesség (GCA) és a fuzáriummal szembeni ellenálló képesség között.

Csőfuzárium (*Fusarium moniliforme*, *Gibberalla fujikuroi*) mesterséges fertőzése esetén kimutatták, hogy a magas általános kombinálódóképességgel (GCA) rendelkező vonalak mutatták a legnagyobb rezisztenciát a kórokozó ellen (IORDANOV és KONDANINSKI, 1995).

PALAVERSIC et al. (1996) 6 beltényesztett kukorica vonalat és 15 diallél keresztezést vizsgált a *Fusarium graminearum* (*Gibberella zeae*) rezisztenciáját tekintve. A GCA-ra és az SCA-ra vonatkozó szignifikáns hatást tapasztalt. A szemtermés negatív korrelációt mutatott a beteg növények %-ával, míg a szárrothadás miatti szártörés pozitív korrelációban volt a megbetegedett növények %-ával.

A kombinációs képességre vonatkozó adatokat összegezte VINAY (1997) 1952-1995 közötti időszakra vonatkozóan. Összefoglaló adatokat közöl a GCA és SCA értékekre vonatkozóan 30 terméskomponens, illetve minőségi paraméter expresszióját illetően.

SAIN-DASS et al. (1997) a kukorica szemtermésére vonatkozó kombinálódó képességet vizsgálta. A vizsgálatok jelentős additív és nem additív hatást mutattak ki a szentömeg és a szemtermés vonatkozásában.

MARTON et al. (1997) 6 genetikailag különböző kukorica vonal és kombinációik dialléljét vizsgálták cold-tesztre vonatkozóan. Szignifikáns GCA hatást találtak a kelési adatokra és különböző csíráztatási táptalajok esetén elért növény magasságra, míg az SCA hatások csak sterilizált talajok esetén voltak kimutathatók.

### 3. Anyag és módszer

#### 3.1. A kísérletek kiindulási anyaga

Az 1979-80-ban indult program keretében  $F_1$  kukoricahibridek vetőmagjának besugárzását végezték el  $Co^{60}$  izotóppal. Később a program bővítéseként 1985-ben  $F_1$  hibridvetőmagvakat kezeltek gyors neutron sugárforrással az MTA Atommag Kutató Intézetében (Debrecen). Az így kialakult pozitív mutáns kukoricatörzsek szelekcióját követően azok több éven keresztül beltenyésztése került sorra. Ennek eredményeként kialakult, már homozigóta állapotban levő vonalak képezték a kísérletek növényi anyagát.

A diallél analízis alapjául szolgáló beltenyésztett vonalak kiválasztásánál jelentős szerepet játszott, hogy ezek termékenyülő képessége, vetőmagtermésük biztonsága a korábbi évek átlagértékei alapján - a beltenyésztéses leromlás ellenére - kiemelkedő volt. A csövek a cső csúcsáig egyenletesen termékenyültek, kiegyenlítettek voltak. Ezen vonalak állományai homogének, morfológiailag egyöntetűek, az allélok homozigóta állapotba kerültek. Megfelelő, kiegyenlített növénymagassággal és levélszámmal rendelkeznek. Címervirágzatuk bő pollentermelő képességű. Fattyasodásra nem hajlamosak. Ez a későbbiek során jelentős tulajdonság, mert az anyai szülőpartnerként alkalmazott, fattyasodásra hajlamos vonal jelentősen megnehezítheti a szántóföldi vetőmagelőállítást (izolált, irányított tömegkeresztesítés), a tökéletes címereltávolítást.

Két teljes diallél rendszert (kód: 'A' és 'B') hoztunk létre három egymást követő évben (1993, 94, 95) 4-4 a nemesítés szempontjából kedvező értékmérő tulajdonságokkal rendelkező beltenyésztett kukoricavonal keresztesítési partnerként történő felhasználásával. Az egyes diallélrendszerek előállítása céljából elvégeztük ezen vonalak keresztesítését, visszakeresztesítését és beltenyésztését (2., 3. táblázat), melyek eredete a következő (1. táblázat):

**1. táblázat** A diallélban szereplő beltenyésztett törzsek eredete.

Vonalak	Hibrid	Besug. típusa	Dózis Gy	Vonalak	Hibrid	Besug. típusa	Dózis Gy
<b>A13</b>	<i>F1(Pi3950MSC)M<sub>2</sub></i>	Co <sup>60</sup> -fn	20-5	<b>B13</b>	<i>F1(Pi3709MSC)M<sub>3</sub></i>	fn	7,5
<b>A14</b>	<i>F1(Pi3978SC)M<sub>3</sub></i>	fn	5	<b>B14</b>	<i>F1(Pi3747SC)M<sub>2</sub></i>	Co <sup>60</sup> -fn	20-7,5
<b>A15</b>	<i>F1(Pi3780MSC)M<sub>2</sub></i>	Co <sup>60</sup> -fn	12,5-7,5	<b>B15</b>	<i>F1(Pi3764MTC)M<sub>3</sub></i>	fn	12,5
<b>A16</b>	<i>F1(Pi3901SC)M<sub>3</sub></i>	fn	7,5	<b>B16</b>	<i>F1(Pi3901SC)M<sub>2</sub></i>	fn	12,5

**F1** = keresztezés utáni első nemzedék

**Mn** = n-edik mutációs nemzedék

**Co<sup>60</sup>** = gamma – sugárforrás (előállítás: neutron-generátorral)

**fn** = gyors neutron (előállítás: ciklotronban)

**2. táblázat** Genetikai összetétel az 'A' diallél rendszer esetében.

Anyai vonalak	Apai vonalak			
	1 (A13)	2 (A14)	3 (A15)	4 (A16)
<b>1 (A13)</b>	<i>1 x 1</i> (A13)	1 x 2 (A1)	1 x 3 (A2)	1 x 4 (A3)
<b>2 (A14)</b>	2 x 1 (A4)	<i>2 x 2</i> (A14)	2 x 3 (A5)	2 x 4 (A6)
<b>3 (A15)</b>	3 x 1 (A7)	3 x 2 (A8)	<i>3 x 3</i> (A15)	3 x 4 (A9)
<b>4 (A16)</b>	4 x 1 (A10)	4 x 2 (A11)	4 x 3 (A12)	<i>4 x 4</i> (A16)

**3. táblázat** Genetikai összetétel az 'B' diallél rendszer esetében.

Anyai vonalak	Apai vonalak			
	1 (B13)	2 (B14)	3 (B15)	4 (B16)
<b>1 (B13)</b>	<i>1 x 1</i>	1 x 2	1 x 3	1 x 4



	<b>(B13)</b>	(B1)	(B2)	(B3)
<b>2 (B14)</b>	2 x 1 (B4)	<b>2 x 2</b> (B14)	2 x 3 (B5)	2 x 4 (B6)
<b>3 (B15)</b>	3 x 1 (B7)	3 x 2 (B8)	<b>3 x 3</b> (B15)	3 x 4 (B9)
<b>4 (B16)</b>	4 x 1 (B10)	4 x 2 (B11)	4 x 3 (B12)	<b>4 x 4</b> (B16)

### 3.2. A kísérletek beállításának módszere

#### 3.2.1. Talajtípus, termőréteg, vízgazdálkodás

A kísérleteket a Debreceni Agrártudományi Egyetem Növénytermesztés- és Földműveléstani Tanszékének Kísérleti Telepén, Látóképen állítottuk be. A kísérlet területének talaja mészlepedékes csernozjom, talajfizikailag a vályog kategóriába sorolható (agyagtartalom 47%), kémhatása közel semleges. A talaj foszforellátottsága közepesnek, kálium ellátottsága közepes-jónak tekinthető. Humusztartalma közepes, a humuszréteg vastagsága 80 cm körüli. A kísérleti terület vízgazdálkodási tulajdonságai alapján a IV. vízgazdálkodási csoportba sorolható, ami közepes víz-befogadóképességet és jó víztartó tulajdonságot jelent.

#### 3.2.2. A diallél analízis előkészítése, növényi anyagok

Diallélrendszerenként 12-12  $F_1$  hibrid és a 4-4 beltenyészett kukoricavonal vetőmagvait a vetésmélységben 12 °C talajhőmérsékletnél, 5 ismétlésben, véletlen blokk elrendezésben, anyagonként kettő, 5 m hosszúságú sorokból álló parcellákba vetettük el. Elvetettük az adott időszaknak megfelelő 200-500 FAO számú standard  $F_1$  hibrideket az összehasonlító kísérletek elvégzése céljából. Szegélyparcellaként minden esetben azonos  $F_1$  hibrid került elvetésre két sorosan. A szegélyparcella feladata az ún. "szegélyhatás" kiküszöbölése, melynek során a szélső parcellák növényei előnyösebb tápanyag-, és

vízfelvételi, valamint megvilágítási helyzetbe kerülnek, megtévesztő adatokat szolgáltatva ezáltal a vizsgálandó növények fejlődéséről, termőképességéről.

### **3.2.3. Tenyészterület, állománysűrűség**

A sortávolság 70, a tőtávolság pedig 20 cm volt, így ez a tenyészterület parcellánként 50 növény elhelyezését tette lehetővé. Az egyes ismétlések között 1 m széles út helyezkedett el a különböző ismétlések elválasztása és a kísérletek értékelésének könnyű elvégezhetősége céljából.

### **3.2.4. Virágzatizolálás**

Az egyes beltenyésztett vonalak specifikus virágzási idejétől függően a cső kezdeti fejlődési állapotában, - amikor a csúcsa már kissé elhajlik a szártól - a kukorica idegentermékenyülő (allogám) típusa miatt a szabályok szigorú betartásával elvégeztük a diallél rendszerek szülői vonalai nő- és címervirágzatának izolálását.

A nővirágzatok esetében az izoláció első lépése a cső és a szár közötti metszlap éles késsel történő bemetszése, majd a cső csúcsának lemetszése volt. A cső csúcsának lemetszése a bibeszálak egyidejű kihajtását tette lehetővé, mely a mesterséges beporzás hatékonyságát nagymértékben növelte.

Ezután következett az erős anyagú nylonból készült 100x200 mm nagyságú izoláló zacskó cső és a szár közé, egészen a cső eredési pontjáig történő stabil rögzítése. Az izoláló nylonok állapotát a beporzásig többször ellenőriztük, szükség esetén elvégeztük igazításukat. Sérült izoláló zacskó, vagy zacskó alól előtörő bibeszálak esetén a zacskót eltávolítottuk, a csőkezdeményt a további nemesítői munkából kizártuk.

A beltenyésztés illetve a keresztezés elvégzése előtt az izoláló nyilont a csőkezdeményről eltávolítottuk és a beporzás elvégzése után az idegen pollen bibére jutását 210 x 400 mm nagyságú pergament zacskó csőre történő stabil felhelyezésével akadályoztuk meg. A pergament zacskót a beltenyésztés vagy a keresztezési kombináció pontos megjelölésével - nyilvántartásban levő kódjával - időt álló módon ellátott, kartonpapírból készült címkével, a csövön és a száron rögzítettük. A tökéletes izoláló hatás mellett a pergament anyaga a levegő és a fény számára átjárható, így lehetővé teszi a cső további

fejlődését. A mesterséges beporzás elvégzése után a pergament zacskó a címkével együtt egészen a betakarításig a kukorica csövén maradt.

### 3.2.6. Betakarítás

A betakarítást két különböző módszerrel végeztük, attól függően, hogy a beltenyészett vonalakat illetve az adott tárgyevi, újonnan előállított keresztezési kombinációkat, (diállél, vagy random keresztezés) vagy a hibridtesztelés parcelláit takarítjuk be.

#### a.) Beltenyészett vonalak, keresztezési kombinációk betakarítása.

A beltenyészett vonalak és az F1 hibridvetőmag betakarításakor a címkét határozott mozdulattal eltávolítottuk, a rögzítő madzagot a szár és a cső között éles késsel átvágtuk. A pergament zacskót is eltávolítottuk, a csövet a csuhélevélből kifosztottuk, az alapi résznél (a csőkocsány és a cső ízesülési helyénél) letörtük, végül a beltenyészés, vagy a keresztezés kódját tartalmazó címkét a kukoricacsövön gumigyűrűvel stabilan rögzítettük. Ez a betakarítás anyagokénti jól elkülönített elvégzését tette lehetővé.

#### b.) Betakarítás a hibridtesztelés és a diállél elemzés esetében

Hibridtesztelés és a diállél elemzés elvégzése érdekében betakarítottuk a négy ismétléses, parcellás

- kétvonalas (SC, sigle cross) (6 hibrid diállél rendszerenként) és reciprok (6 hibrid diállél rendszerenként) F<sub>1</sub> hibridek,
- a beltenyészett vonalak (4 vonal diállél rendszerenként),
- 200-tól 500-ig terjedő FAO számú, különböző érési idejű standard F<sub>1</sub> hibridek az összehasonlító kísérlet elvégzéséhez.

A két, vizsgált teljes diállél rendszer vonalai és hibridjei termését három egymást követő évben (1994, 95, 96) takarítottuk be az egyes évjáratok hatásainak összehasonlítása érdekében. A hibridtesztelés illetve a diállélelemzés elvégzése során meghatároztuk

- a parcellánkénti teljes csőtermést [kg] és a
- parcellánként termett csövek számát [db].

A két utóbbi mennyiségből meghatároztuk az anyagokénti átlagos csőtömeg [g] értékét.

Betakarításkor mintát vettünk (12 db átlagos cső, ebből 6 db korongos feldolgozásra, 6 db egészben a termésképző paraméterek felvételezése céljából). A mintákat a betakarítás napján feldolgoztuk, ellenkező esetben megtévesztő adatokat kaptunk volna a betakarításkori szemnedvesség tartalmat illetően.

A korongos mintafeldolgozás esetén a cső alsó részét és csúcsát kézi korongvágóval eltávolítottuk. A középső, közel hengeres részt 3-4 korongra vágtuk, majd anyagoként és ismétléseként a teljes korongok (szem, csutka) nedves tömegét [g] megmértük.

A minták szárítását szárítószekrényben, 80 °C-on, tömegállandóságig végeztük. Ezután következett a korongok morzsolása és a száraz szemek, valamint a csutka tömegének [g] bemérése.

A korongos feldolgozás segítségével meghatározható a

- betakarításkori szemnedvesség-tartalom [%],
- parcellánkénti nedves szemtermés [kg],
- a morzsolási arány [szemek aránya, %].

### **3.3. Fenometriai vizsgálatok**

#### **3.3.1. Fenometriai vizsgálatok az UPOV szabvány szerint**

A fenometriai vizsgálatok TG/2/6 UPOV szabvány szerint végeztük el, melynek növényi tulajdonságokénti kifejeződési fokozatai, illetve ezek kódszámai az A13 vonal és az A10 hibrid esetében példaként a mellékletben található.

##### **3.3.1.1. A levélzet vizsgálata**

A levélzet vizsgálata során meghatároztuk a főcső feletti levél és a szár közötti szög nagyságát.

##### **3.3.1.2. A szár vizsgálata**

A szár vizsgálata esetén a cikcakkosság mértékét, a levélhüvelyek és a támasztó gyökerek antociános elszíneződését jegyeztük fel.

### **3.3.1.3 A virágzás vizsgálata**

A virágzás időszakában (június 26 - augusztus 10-ig) - felvételeztük a címer és a bibe virágzás 50%-os értékének dátumát.

A hím virágzás időpontját akkor jegyeztük fel, amikor a címer középső harmadán a növények 50%-a virágzott.

A címer esetében vizsgáltuk a kalászkapelyva alapján elhelyezkedő gyűrű, a kalászkapelyva alap nélküli és a portok antociános elszíneződését, valamint a címer kalászkáinak tömörségét. A címer főtengeley és az oldalágak közötti szöveget és az oldalágak állását az alsó harmadon vizsgáltuk. Meghatároztuk a címer primer elágazásainak számát.

A cső esetében leírtuk a bibe 50%-os virágzásának időpontját, amikor a bibék 3 cm nagyságúak voltak. Meghatároztuk a bibe antociános színeződését és ennek intenzitását.

### **3.3.1.4. A teljes növény fenometriai tulajdonságainak vizsgálata**

A virágzás után három héttel végeztük el harmatgyökerek és a levélhüvelyek antociánosságának meghatározását, mivel ezek a tulajdonságok ebben az időben érik el a felvételezéshez szükséges megfelelő kifejezettségüket. A levélhüvely antociános elszíneződésének kódjai és kifejeződési fokozatai a bibe antociános színeződésének kódjaival megegyezők.

Ugyanebben az időben írtuk le a levelek állását a szárhoz viszonyítva fokokban kifejezve, a szár cikcakkosságát, a címerágak kalászkáinak tömörségét, a címer oldalágak főtengeleyel bezárzt szögét, valamint a címer oldalágak állását.

## **3.4. Produkcióbiológiai vizsgálatok**

### **3.4.1. Produkcióbiológiai vizsgálatok, növekedésanalízis módszerei**

Ahhoz, hogy a növénynevelés eredményeit ne csak a végső produktumban mérjük, hanem a fotoszintetikus produkció dinamikájában bekövetkezett változásokat a növény

növekedésének teljes időszakában értékeljük, produkcióbiológiai vizsgálatokra van szükség. A növekedésanalízis célja, hogy a produkcióbiológiai vizsgálatok eredményeként pontos adatokat kapjunk a kultúrnövény növekedésének és növekedési jellemzőinek dinamikájáról, melyet a különböző ökológiai és agronómiai faktorok befolyásolnak. A vizsgálatok eredményeként tanulmányozhatók továbbá a kultúrnövény fenti faktorokra adott reakcióinak sajátosságai és időbeni változása.

A növekedés-analízis indexeinek megállapításához a mintavétel a tenyészidő során két hetes időközökben került elvégzésre. A minták értékelésekor a diallél rendszer szülői vonalai és a hibridjei földfeletti részeit mértük (WESTLAKE, 1963).

A levélfelület index (LAI, leaf area index) a levelek száma és a MONTGOMERY képlet alapján került meghatározásra ( $\Sigma$  levél hosszúsága [cm] x levél szélessége [cm] x 0,75)

### **3.4.2. Szárazanyag-gyarapodás vizsgálata klimatikus stresszfüggvény alkalmazásával**

A tenyészidő során folyamatosan végeztük el a mintavételt, összesen 17 alkalommal. Az első öt mintavételt öt különböző ismétlés növényeiből végeztük. A további mintákat pedig erre a célra külön vetett parcellákból vettük, így vetéstől a betakarításig parcellánként csak 3-3 növény hiányzott az 50-ből, így az állomány gyakorlatilag állandónak tekinthető. A minták értékelésekor az eltérő genotípusú hibridkombinációknál és szülővonalaknál a növények földfeletti részét (WESTLAKE, 1963) vettük figyelembe.

A meteorológiai elemek közül meghatároztuk a hőmérséklet, globálsugárzás, relatív nedvesség és a talajnedvesség értékeit. A számításoknál alkalmazott időskála 5 nap volt. Ennél rövidebb szakasz meteorológiai hatásának figyelembevétele többek között azért sem indokolható mert az egy-két napos szélsőséges időjárási hatást a növények az esetek többségében (víz-, és tápanyagellátottság genetikai tűrőképességtől függően) képesek mindenféle anyagcsere zavar nélkül elviselni.

Külön-külön mértük a szár, levél, címer és cső nedves tömegét, majd a mintákat szárítószekrényben 80 °C-on tömegállandóságig szárítottuk. Ezt követően a minta száraz tömegét lemértük.

A növényi stresszhatás tömeggyarapodási vizsgálatokban való figyelembe vételéhez a növényi vízstressz (CWSI), IDSO et al. (1981) szerint került alkalmazásra, amely az alábbi alakban fejezhető ki:

$$CWSI = \frac{(T_c - T_a) - (T_{co} - T_a)}{(T_c - T_a)_{\max} - (T_{co} - T_a)}$$

ahol:

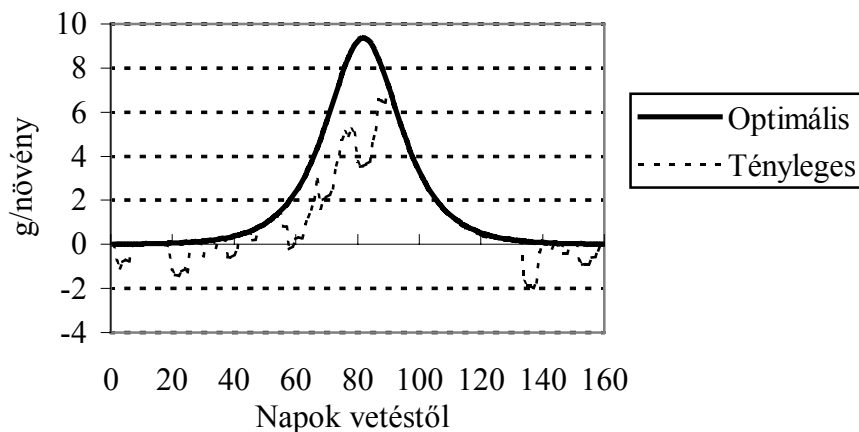
$(T_c - T_a)$  a mért növényfelszíni és léghőmérsékleti differencia.

$(T_{co} - T_a)$  a mért növényfelszíni és léghőmérsékleti különbség abban az esetben, ha a növény jó vízellátottságú.

$(T_c - T_a)_{\max}$  a maximális növényi és léghőmérsékleti eltérés, amikor leáll a párolgás.

A növényállomány felszínhőmérsékletéből parametrizált vízstressz index valamint a nettó fotoszintézis szoros kapcsolatát CHOUDHURY (1986) határozta meg. Mivel mi nem rendelkezünk növényi felszínhőmérsékleti mérési adatokkal olyan klimatikus vízstressz állapotot jellemző paramétert kellett bevezetnünk, mely a diallél rendszer minden elemének eltérő mértékű szárazanyag csökkenését le tudja írni.

Ehhez első lépésben meghatároztuk az átlagos tömeggyarapodási görbe tenyészedőszakbeli menetét, amely a diallél rendszer minden egyes tagjának naponkénti tömeggyarapodásából (számtani középértékből) határozható meg. Erre illesztettünk egy logisztikus burkoló görbét, amely a szárazanyag gyarapodás időbeli menetének maximum értékeit összekötő függvény. Majd ennek vettük az idő szerinti derivált függvényét a tenyészedőszakban. Ez reprezentálja az optimális naponkénti, azaz jelen esetben 5 naponkénti fejlődési ütemet (1. ábra).



**1. ábra.** A két diallél rendszer átlagos napi tömeggyarapodás menete a tenyészedőszakban.

Ez tulajdonképpen analóg a növekedési analízis vizsgálatokban használt RGR (Relative Growth Rate) értékkel. Ezután kiszámítottuk a tényleges és optimális (RGR) görbe különbségét a tenyészidőszakban.

Feltételezésünk értelmében ezt a különbséget a klimatikus hatások együttese okozza amelyet stresszfüggvénynek neveztünk el. Erre a különbségi függvényre illesztettünk egy többváltozós lineáris regressziós görbét. Mint korábban utaltunk rá a függetlenségnek és a normális eloszlás feltételének egyidejű érvényesülése okozza a legtöbb problémát a regressziós vizsgálatoknál.

Ennek elkerülése érdekében, olyan változókat illetve a változóknak olyan alakját vontuk vizsgálat alá, amelyek esetében teljesül mindkét feltétel.

$(RT - RG)$  mint a termikus változó és  $\left( \frac{1}{RVK_{talaj}} * \frac{1}{RN_{levegő}} \right)$  mint a hidrikus változó

szerepel a többváltozós lineáris regressziós illesztésnél. Ahol, **RT** a relatív hőellátottság, ami a tényleges hőmérséklet, valamint a bázishőmérséklet **T<sub>b</sub>** = 10°C hányadosaként állítható elő, **RG** a tényleges és a csillagászatilag lehetséges globálsugárzás aránya, **RN<sub>levegő</sub>** a levegő relatív nedvességtartalma (századrészben), **RVK<sub>talaj</sub>** pedig a vizsgált terület talajának relatív vízkészlete, **VK<sub>min</sub>** = 285 mm 100 cm-es talajrétegben.

A normális eloszlás teljesülését a kis mintára is alkalmas GEARY-próbával végeztük el.

A stresszfüggvény paramétereit úgy választottuk meg, hogy azok jól reprezentálják mind a légköri mind pedig a talaj szárazságot, valamint a hőmérsékleti és sugárzási feltételektől függő párolgást is. Mindezen feltételek mellett az így kiszámított stresszfüggvény esetében elvárásaként szerepelt, hogy az egyben dimenziótlan is legyen.

Ezért minden változója relatív érték. Az átlagértékre kapott stresszfüggvény természetesen nem írhatja le a diállél rendszer minden egyes tagjának tömegcsökkenését.

Ezért az átlagból becsült érték mint független változó valamint tényleges érték mint függő változó között ismét lineáris, de egyváltozós regressziós kapcsolatot kellett megállapítanunk. A korrelációs indexek értékei (  $r = 0.91-0.97$  ) közöttiek voltak ami  $p = 1-5$  %-os szinten minden esetben szignifikáns kapcsolatot jelent. A szárazanyag tartalom 5 naponkénti gyarapodás számításánál alkalmazott  $F(t)$  fajtafüggvény burkoló görbéjének számításánál feltételezhető, hogy ez megegyezik a SCHIMPER (1903) által definiált éghajlati ökológiai optimumgörbével. Három vizsgált év (1994, 95, 96) szárazanyag tartalom adataira



illesztett burkoló görbe igazolja ezt a feltételezést. Ez volt a tömeggyarapodás leírásának módszertani megközelítése.

A szárazanyag tömeggyarapodást leíró modell alapegyenlete:

$$DM(t) = \sum_{t = \text{vetés}}^{\text{érés}} c [F(t) - KSF(t)] + d$$

melyben:

**c** és **d** regressziós konstansok, (elsősorban FAO számtól függ),

**F(t)** a fajtafüggvény,

**KSF(t)** a stresszfüggvény.

Az alkalmazott fajtafüggvény jól reprezentálja a diallél rendszer minden egyes elemének potenciális 5 napos szárazanyagképződését. Előállítás a diallél rendszer minden egyes tagjára jellemző szárazanyag gyarapodási ökológiai optimumgörbe (burkológörbe) idő szerinti differenciálásával történt. Alakja a következő:

$$F(t) = \frac{k b e^{a+b t}}{\left(1+e^{a+b t}\right)^2}$$

A burkoló görbét reprezentáló F(t) függvény fajtától függő (fajtafüggvény) a, b, k konstansainak értékeit a 4. táblázat tartalmazza.

**4. táblázat** A fajtafüggvény és paramétereinek értékei az „A” és a „B” teljes diallélrendszerek kukoricahibridei és vonalai esetében.

Hibridek , vonalak	A paraméterek értékei						
	„A” diallél				„B” diallél		
	k	a	b		k	a	b
<b>A1</b>	308,74	6,68	-0,079	<b>B1</b>	267,32	6,30	-0,065
<b>A2</b>	296,65	6,26	-0,078	<b>B2</b>	293,44	6,54	-0,075
<b>A3</b>	570,41	4,91	-0,049	<b>B3</b>	800,36	5,16	-0,051
<b>A4</b>	425,39	6,85	-0,077	<b>B4</b>	375,27	5,41	-0,055
<b>A5</b>	342,36	5,55	-0,062	<b>B5</b>	309,59	5,32	-0,060

<b>A6</b>	383,36	4,94	-0,055	<b>B6</b>	276,93	5,37	-0,068
<b>A7</b>	424,04	7,58	-0,089	<b>B7</b>	400,31	6,75	-0,077
<b>A8</b>	323,55	5,29	-0,060	<b>B8</b>	400,76	7,93	-0,094
<b>A9</b>	294,39	5,93	-0,068	<b>B9</b>	294,24	6,57	-0,087
<b>A10</b>	370,96	6,44	-0,076	<b>B10</b>	313,76	4,92	-0,098
<b>A11</b>	302,57	5,20	-0,060	<b>B11</b>	279,22	6,60	-0,087
<b>A12</b>	244,64	5,96	-0,074	<b>B12</b>	308,60	5,72	-0,071
<b>A13</b>	338,91	6,45	-0,065	<b>B13</b>	201,58	5,78	-0,067
<b>A14</b>	223,59	7,34	-0,087	<b>B14</b>	152,21	6,95	-0,093
<b>A15</b>	367,99	5,91	-0,065	<b>B15</b>	354,25	6,48	-0,074
<b>A16</b>	200,02	7,66	-0,093	<b>B16</b>	180,33	5,86	-0,068

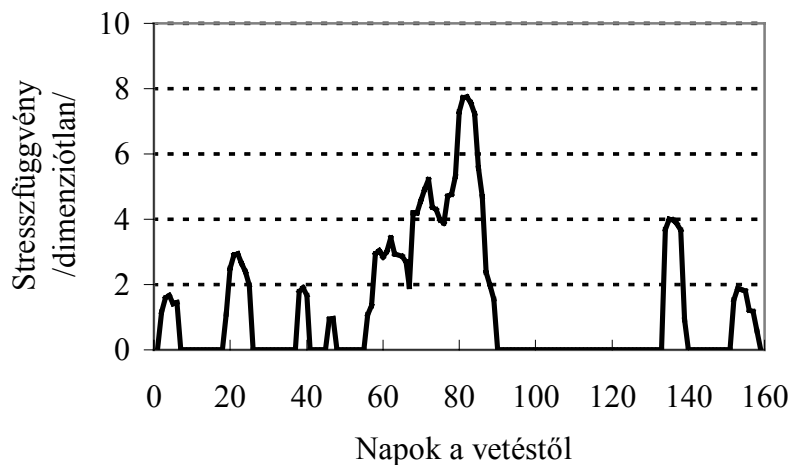
A stresszes hatások eredői, melyet klimatikus stresszfüggvénynek nevezünk feltételezésünk szerint levonódnak az éghajlati optimumgörbéből. A két teljes diallérendszer vizsgálata lehetőséget nyújtott egy 2 x 16 elemű fajtafüggvény bevezetésére is.

A stresszfüggvényt a diallé rendszerre jellemző, átlagos tömegcsökkenést kifejező függvényre illesztett regressziós kapcsolat alapján határoztuk meg. Az átlagos tömegcsökkenés, valamint a diallé minden egyes tagjára jellemző fajtafüggvény különbségéből képzett újabb függvényre ismételten illesztett regressziós kapcsolat. Ennek együtthatói a **c** illetve a **d** értékek, már pontosan értékelhetővé teszik a diallé rendszerek minden tagjára jellemző tenyészedőszakbeli tömeggyarapodási menetet.

A modell igen fontos paramétere az alábbi alakú alkalmazott stresszfüggvény, mely a következő alakban írható le (2. ábra):

$$KSF(t) = 7 \left[ (RT - RG)(t) - 0.7 \left( \frac{1}{RVK_{talaj}} * \frac{1}{RN_{levegő}} \right) (t) - 1 \right]$$

amely értelmében **KSF (t) ≥ 0**, továbbá **RT** a relatív hőellátottság, ami tényleges hőmérséklet valamint a bázishőmérséklet **T<sub>b</sub> = 10 °C** hányadosaként állítható elő, **RG** a tényleges és a csillagászatilag lehetséges globálsugárzás aránya, **RN<sub>lev</sub>** a levegő relatív nedvességtartalma, **RVK<sub>talaj</sub>** pedig a vizsgált terület talajának relatív vízkészlete, **VK<sub>min</sub> = 285 mm** 100 cm-es talajrétegben.



**2. ábra.** A klimatikus stresszfüggvény [KSF (t)] menete a tenyésztidőszakban.

### 3.5. A kombinálódó képesség vizsgálatának módszere, termésképző elemek diallél analízise

Az általunk létrehozott két teljes diallél rendszer vizsgálatát a GRIFFING 1-es módszere (1965) alapján működő DIALLEL Analysis and Simulation (BUROW-COORS, 1993) továbbfejlesztett változatának alkalmazásával végeztük el. A program a következő modellt használja az analízishez:

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

ahol:

$\mu$  = Populációs átlag (a változó főátlag értéke),

$g_i$  = az i-edik szülő általános kombinálódóképesség hatása,

$g_j$  = A j-edik szülő általános kombinálódóképesség hatása,

$s_{ij}$  = Az i-edik és j-edik szülő keresztezésének specifikus, kombinálódóképesség hatása,

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

$bk$  = ismétlés (parcella) hatás,

$e_{ijk}$  = hiba.

A program alkalmazásával elvégeztük a különböző értékmérő tulajdonságok esetében az általános (GCA) és specifikus (SCA) kombinálódó képesség és az átlagok (szülői, hibrid),

heterozishatás elemzését. Így a tenyészedőbeli szántóföldi felvételezési, illetve a betakarítási és csőfeldolgozási adatok alapján kombinálódóképességi vizsgálatra került a

- termésmennyiség [kg/parcella],
- átlagos csőtömeg [g],

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

#### **4. Kísérleti eredmények és értékelésük**

##### **4.1. Fenometriai vizsgálatok eredményei (UPOV szabvány)**

###### **4.1.1. Virágzásbiológiai vizsgálatok eredményei**

A virágzásbiológiai vizsgálatokat az UPOV TG/2/6 módszer alapján végeztük el. Mindhárom vizsgált évben (1994, 95, 96) leírásra került mindkét teljes diallél rendszer („A” és „B”) vonalainak, illetve hibridjeinek teljes körű virágzásbiológiai leírása, amely magába foglalta

- a hímvirágzás (címer) idejének meghatározását keléstől (napokban kifejezve), amikor a címer-főtengely középső harmadán a növényállomány 50%-a virágzik,
- a nővirágzás (bibe) idejének meghatározását keléstől (napokban kifejezve), amikor a bibe a növények 50%-án virágzik,
- a bibe antociánosságát (1-9),
- a portok antociánosságát (1-9),
- a kalászkapelyva antociánosságát (alap nélkül) (1-9),
- a kalászkapelyva alap (gyűrű) antociánosságát (1-9).

Megegyezőek voltak a különböző vizsgált évjáratokban az egyes tulajdonságokat kifejező antociánossági értékek. Ez a szülői vonalak, valamint a hibridek nagyfokú stabilitását mutatja. Ez az elvégzett kísérletek megbízhatóságának alapját képezi (5., 6. táblázat).

**5. táblázat.** Az egyes hibridek és vonalak tulajdonságai leírása (UPOV TG/2/6) a virágzás esetében az 'A' diallél rendszernél (1994, 95, 96).

Hibridek , Vonalak	Tulajdonságok			
	A tulajdonságok kifejeződés fokozat kódjai			
	bibe antociánossága	portok antociánossága	kalászkapelyva antociánossága	kalászska p.alap antociánossága
<b>A1</b>	1	9	5	1
<b>A2</b>	3	9	5	3
<b>A3</b>	1	7	3	1
<b>A4</b>	3	3	5	5
<b>A5</b>	5	9	5	3
<b>A6</b>	1	9	5	1
<b>A7</b>	1	7	5	1
<b>A8</b>	1	7	1	1

<b>A9</b>	1	7	5	3
<b>A10</b>	1	9	3	3
<b>A11</b>	1	7	5	3
<b>A12</b>	1	7	5	1
<b>A13</b>	5	7	5	1
<b>A14</b>	3	3	3	1
<b>A15</b>	1	9	7	1
<b>A16</b>	1	5	5	1

**6. táblázat.** Az egyes hibridek és vonalak tulajdonságai leírása (UPOV TG/2/6) a virágzás esetében a 'B' diallél rendszernél (1994, 95, 96).

Hibridek , Vonalak	<b>Tulajdonságok</b>			
	A tulajdonságok kifejeződés fokozat kódjai			
	bibe antociánossága	portok antociánossága	kalászkapelyva antociánossága	kalászka p.alap antociánossága
<b>B1</b>	1	3	3	1
<b>B2</b>	1	3	3	1
<b>B3</b>	1	5	3	1
<b>B4</b>	1	1	1	1
<b>B5</b>	3	3	3	1
<b>B6</b>	1	1	3	1

<b>B7</b>	1	3	5	3
<b>B8</b>	3	7	3	1
<b>B9</b>	1	9	3	1
<b>B10</b>	1	5	3	1
<b>B11</b>	1	5	5	1
<b>B12</b>	1	9	1	3
<b>B13</b>	3	3	3	1
<b>B14</b>	1	1	1	1
<b>B15</b>	5	9	7	9
<b>B16</b>	1	5	5	1

#### 4.1.2. A teljes növény fenometriai tulajdonságai vizsgálatának eredményei

Az UPOV alapján felvételezett tulajdonságok mindkét teljes diallél rendszer hibridjeinél illetve vonalainál nagy változatosságot mutattak, de évenként azonosak voltak. Ez a kiindulási vonalak illetve F1 hibridjeik nagyfokú állandóságát, homogenitását igazolja. Mindkét diallél rendszer esetében megállapítható, hogy a vonalak egyes tulajdonságainak antociánossági értékei magasabbak, mint az a hibridek esetében tapasztalható (7., 8. táblázat).

#### 7. táblázat. A hibridek és vonalak tulajdonságainak leírása és a kifejeződési

fokok (UPOV TG/2/6) a teljes növény esetében az 'A' diallél rendszernél (1994, 95, 96).

Hibridek , Vonalak	Tulajdonságok						
	A tulajdonságok kifejeződés fokozat kódjai						
	Nóduszok antociánossága	Internódiumok antociánossága	Harmatgyökerek antociánossága	Levelek állása (főtengellyel bezárt szög)	Levélhüvelyek antociánossága	Címer ágak állása	Címer kalász- káinak tömöt- tsége
<b>A1</b>	1	1	3	45	3	20	KT*

<b>A2</b>	1	3	3	45	3	45	T*
<b>A3</b>	1	3	3	45	1	50	KT
<b>A4</b>	3	3	5	45	3	45	KT
<b>A5</b>	1	3	3	45	3	45	L*
<b>A6</b>	1	3	3	45	3	45	L
<b>A7</b>	1	3	3	45	3	50	L
<b>A8</b>	1	1	3	45	3	45	T
<b>A9</b>	7	5	3	50	5	20	T
<b>A10</b>	1	3	3	50	3	45	KT
<b>A11</b>	1	3	3	45	5	60	L
<b>A12</b>	3	3	3	45	5	30	KT
<b>A13</b>	3	3	5	45	3	30	T
<b>A14</b>	3	3	7	45	3	35	L
<b>A15</b>	9	7	7	45	7	20	T
<b>A16</b>	3	5	3	35	3	35	T

\*A címer kalászkáinak tömötsége: L: laza, KT: közepesen tömött, T: tömött.

**8. táblázat.** A hibridek és vonalak tulajdonságainak leírása és a kifejeződési fokozatok (UPOV TG/2/6) a teljes növény esetében a 'B' diallél rendszernél (1994, 95, 96).

Hibridek , Vonalak	<b>Tulajdonságok</b>
	A tulajdonságok kifejeződés fokozat kódjai



	Nóduszok antociánossága	Internódiumok antociánossága	Harmatgyökerek antociánossága	Levelek állása (főtengellyel bezárt szög)	Levélhüvelyek antociánossága	Címer ágak állása	Címer kalász- káinak tömöt- tsége
<b>B1</b>	1	3	7	45	1	35	KT*
<b>B2</b>	1	5	3	45	3	45	KT
<b>B3</b>	1	3	3	45	3	50	KT
<b>B4</b>	1	3	3	35	3	25	L*
<b>B5</b>	3	1	5	45	3	45	KT
<b>B6</b>	7	7	9	45	5	35	KT
<b>B7</b>	7	3	5	45	5	45	KT
<b>B8</b>	5	1	5	45	5	30	L
<b>B9</b>	3	5	5	35	3	25	KT
<b>B10</b>	3	3	5	45	3	45	KT
<b>B11</b>	1	3	3	45	3	45	T*
<b>B12</b>	3	7	7	40	3	45	T
<b>B13</b>	1	1	3	45	3	20	T
<b>B14</b>	1	3	3	40	3	35	L
<b>B15</b>	1	9	9	45	5	45	T
<b>B16</b>	3	7	3	45	5	30	T

\*A címer kalászkáinak tömötsége: L: laza, KT: közepesen tömött, T: tömött.

**Az A13 vonal és hibridjei a teljes virágzás időszakában.**

**Az A16 vonal és hibridjei a teljes virágzás időszakában.**

**A B13 vonal és hibridjei a teljes virágzás időszakában.**

## A B16 vonal és hibridjei a teljes virágzás időszakában.

### 4.2. Produkcióbíológiai vizsgálatok

#### 4.2.1. A levélterület-index vizsgálatok és a növekedésanalízis eredményei

A levélterület index maximális értékét mindkét diallél rendszer esetében július közepén érte el (9., 10. táblázat, 3-8. ábra).

Az 'A' diallél rendszer esetében az **A10** ( $5,41 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ ) és **A11** ( $5,19 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ ) hibrideknél volt mérhető a legnagyobb LAI-érték (3., 4., 5. ábra). A "B" diallél rendszerénél a legmagasabb LAI értéket **B3** ( $7,514 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ ), a **B10** ( $5,84 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ ) (6., 7., 8. ábra) és a **B9**

(5,83 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>) hibridek érték el (11., 13., 14. ábra). Az **A4** és a **B3** hibridek LAI értéke erőteljes fattyosodásuk miatt volt ilyen magas. Igazán csak az **A10, 11** és a **B9, 10** hibridek értékelhetők kedvező kombinációnak a LAI érték szempontjából, mert fattyasodás nélkül érték el ezt a magas értéket. Emellett növénymagasság és állománykiegyenlítetttség szempontjából is kedvezőbbek voltak, mint az **A4** és **B3** hibridek.

Augusztus végére az 1994-es tenyésztidőben a legtöbb hibrid és vonal levélterületi indexe jelentős mértékben lecsökkent, vagy megszűnt. Azok a vonalak és hibridek tekinthetők jó szárazságtűrő képességűeknek, amelyeknek augusztus vége után szeptember közepéig is maradt asszimilációs felületük. Ezzel szemben az 1995-ös és az 1996-os években, mindkét diallél rendszerben, a legtöbb vonal és a hibrid esetében még szeptember végén is volt mérhető asszimilációs felület (3-8. ábra).

### Kukorica nemesítési kísérleti tér, frontvonal

**9. táblázat.** A levélterület index értékeinek (LAI, m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>) változása a tenyésztidőben különböző évjáratok hatására az „A” kódjelű teljes diallél rendszer esetében (Debrecen, 1994,1995, 1996).

Minta - vétél	Vizsgál- ati év	Vonalak				Hibridek											
		A13	A14	A15	A16	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
1.	1994	0,07	0,15	0,23	0,17	0,36	0,44	0,42	0,27	0,42	0,44	0,26	0,18	0,27	0,41	0,38	0,36

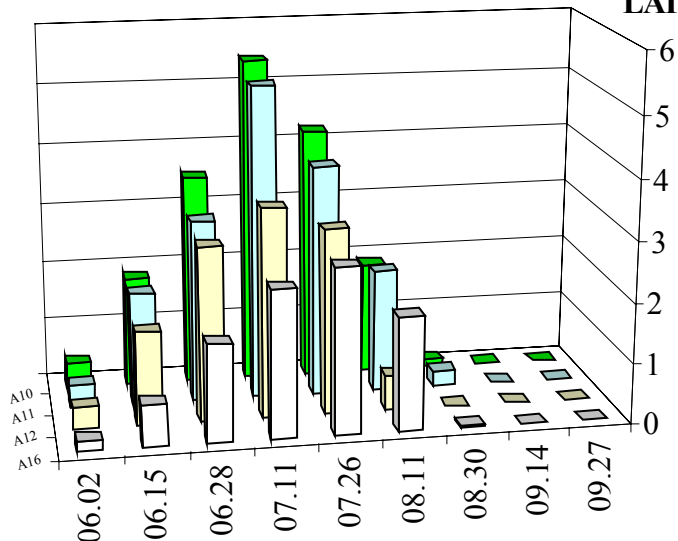
	1995	0,28	0,41	0,37	0,33	0,53	0,51	0,52	0,54	0,61	0,60	0,73	0,48	0,51	0,66	0,61	0,58
	1996	0,32	0,47	0,42	0,37	0,61	0,58	0,55	0,58	0,66	0,68	0,76	0,52	0,56	0,72	0,68	0,63
<b>2.</b>	1994	0,27	1,16	1,27	0,70	1,28	1,99	1,92	1,31	1,83	1,74	1,20	1,33	1,49	1,82	1,86	1,54
	1995	0,92	1,04	0,93	0,65	1,38	1,16	0,94	1,17	1,26	1,45	1,38	1,16	1,19	1,73	1,60	1,39
	1996	0,98	1,05	1,01	0,72	1,43	1,22	1,48	1,27	1,36	1,53	1,47	1,29	1,36	1,94	1,89	1,44
<b>3.</b>	1994	2,05	1,98	3,32	1,62	2,84	2,91	4,01	5,72	3,74	3,69	2,84	3,11	2,89	3,50	3,02	2,88
	1995	2,13	2,61	3,41	2,11	2,69	3,33	2,99	3,67	3,28	4,31	3,48	3,37	2,54	3,78	4,04	4,18
	1996	2,21	2,72	3,54	2,33	2,78	3,44	3,17	3,81	3,41	4,52	3,63	3,46	2,59	3,92	4,17	4,28
<b>4.</b>	1994	2,35	3,11	3,51	2,43	3,24	4,59	4,27	4,07	4,21	4,17	3,25	4,12	3,19	5,41	5,19	3,45
(07.11.)	1995	3,15	3,61	3,98	3,36	3,98	4,97	3,95	4,11	4,28	5,27	4,83	5,25	4,91	4,79	4,56	3,22
	1996	3,21	3,67	4,03	3,42	4,06	5,05	4,03	4,20	4,36	5,35	4,91	5,33	4,99	4,97	4,64	3,31
<b>5.</b>	1994	2,06	2,35	3,59	2,74	3,30	3,85	4,03	4,78	4,02	4,02	3,06	3,51	2,95	4,20	3,84	3,07
(07.26.)	1995	2,62	3,66	3,00	1,59	2,66	1,85	2,40	1,86	2,54	2,51	2,68	4,03	3,16	3,33	3,91	2,17
	1996	2,70	3,71	3,11	1,91	2,81	1,92	2,52	1,94	2,66	2,63	2,80	3,98	3,25	3,44	3,87	2,37
<b>6.</b>	1994	2,50	0,92	2,91	1,88	3,24	1,23	3,43	3,55	2,59	1,59	3,86	2,15	0,80	1,87	2,04	0,57
(08.11.)	1995	1,81	1,80	1,44	1,38	1,54	1,12	1,66	0,76	1,67	0,85	1,83	3,16	1,66	3,75	3,37	1,47
	1996	1,88	1,98	1,53	1,43	1,63	1,25	1,72	1,17	1,81	1,24	1,98	3,16	1,81	3,63	3,44	1,56
<b>7.</b>	1994	0,92	0,62	0,99	0,04	0,43	0,74	0,32	1,02	0,72	0,56	0,69	0,51	0,00	0,12	0,25	0,00
(08.30.)	1995	1,74	1,18	1,22	0,94	1,39	1,30	1,38	1,03	1,57	1,37	0,84	3,66	1,80	2,75	3,21	1,05
	1996	1,79	1,25	1,27	1,13	1,42	0,98	1,47	1,09	1,65	0,99	1,23	2,97	1,17	2,99	3,29	1,22
<b>8.</b>	1994	0,00	0,09	0,12	0,00	0,20	0,00	0,00	0,25	0,22	0,10	0,30	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00
(09.14.)	1995	0,94	0,78	0,39	0,36	0,87	0,83	0,37	0,80	0,86	1,08	0,71	2,43	1,00	1,58	1,76	0,44
	1996	1,15	0,97	0,99	0,44	0,98	0,71	0,52	0,91	1,19	0,71	0,98	2,48	1,00	1,87	2,14	0,72
<b>9.</b>	1994	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00
(09.27.)	1995	0,19	0,53	0,00	0,00	0,17	0,64	0,00	0,61	0,18	0,90	0,58	1,43	0,53	0,45	0,56	0,00
	1996	0,26	0,61	0,00	0,00	0,25	0,51	0,00	0,63	0,31	0,43	0,28	1,66	0,87	0,57	1,22	0,00

**10. táblázat.** A levélterület index értékeinek (LAI,  $m^2 m^{-2}$ ) változása a tenyésztésidőben különböző évjáratok hatására az „B” kódjelű teljes diallél rendszer esetében (Debrecen, 1994,1995, 1996).

Minta	Vizsgá-	Vonalak	Hibridek
-			

vétel	lati év	B13	B14	B15	B16	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12
1.	1994	0,18	0,18	0,22	0,09	0,12	0,16	0,33	0,22	0,40	0,38	0,27	0,25	0,51	0,33	0,49	0,36
	1995	0,33	0,31	0,39	0,31	0,43	0,60	0,63	0,38	0,60	0,56	0,45	0,49	0,57	0,62	0,51	0,56
	1996	0,38	0,35	0,43	0,34	0,51	0,68	0,70	0,44	0,66	0,62	0,49	0,53	0,62	0,71	0,58	0,61
2.	1994	0,84	0,81	1,24	0,49	0,51	0,79	1,40	1,21	1,93	1,86	1,28	1,25	1,81	1,92	1,95	1,89
	1995	0,94	1,19	1,18	0,83	1,13	1,43	1,52	1,01	1,47	1,53	1,43	1,72	1,42	1,71	1,35	1,47
	1996	0,98	1,24	1,24	0,88	1,21	1,46	1,58	1,28	1,51	1,58	1,51	1,78	1,51	1,81	1,43	1,55
3.	1994	2,41	2,37	2,59	1,57	1,99	2,70	4,31	2,94	3,42	3,25	6,20	3,94	3,98	3,14	5,07	3,13
	1995	2,91	2,67	2,78	2,28	2,67	3,50	3,74	2,73	4,09	3,98	3,89	3,40	3,69	3,84	4,11	3,93
	1996	2,96	2,72	2,82	2,35	2,76	3,58	3,86	2,79	4,16	4,06	3,97	3,51	3,76	3,93	4,13	3,98
4.	1994	2,99	2,82	3,74	2,23	2,76	3,85	7,51	3,65	3,98	3,99	3,88	3,60	5,51	5,84	3,71	5,32
	(07.11.) 1995	3,19	3,27	4,20	2,53	3,71	4,68	5,75	3,38	3,73	4,76	4,05	5,08	5,79	5,51	3,54	5,00
	1996	3,24	3,33	4,27	2,59	3,79	4,76	5,88	3,46	3,81	4,86	4,13	5,17	5,89	5,63	3,62	5,07
5.	1994	2,77	2,35	4,08	1,74	2,42	3,67	7,46	2,90	3,74	3,88	3,51	3,88	5,83	3,44	4,03	3,59
	(07.26.) 1995	2,49	2,89	2,57	1,46	3,39	2,38	3,38	2,58	4,27	3,19	3,56	2,36	2,81	2,45	2,91	3,40
	1996	2,52	2,94	2,63	1,68	3,47	2,58	3,46	2,67	4,29	3,26	3,65	2,48	2,96	2,58	2,97	3,45
6.	1994	1,89	1,73	0,75	1,13	1,54	2,20	5,21	1,82	2,12	1,02	2,17	2,77	2,08	1,47	1,44	1,54
	(08.11.) 1995	1,12	1,70	1,43	1,30	1,76	3,14	2,62	2,84	2,75	3,41	1,85	1,86	1,83	2,46	1,75	1,76
	1996	1,17	1,77	1,51	1,41	1,83	3,22	2,84	2,93	2,77	3,48	2,23	2,27	2,17	2,57	1,87	1,92
7.	1994	0,47	0,73	0,81	0,00	0,44	1,12	1,36	0,84	0,96	0,00	0,67	1,46	0,07	0,34	0,00	0,00
	(08.30.) 1995	0,90	2,16	1,66	0,88	1,23	1,71	2,55	1,74	3,34	2,87	2,44	1,49	1,51	2,28	1,66	2,05
	1996	0,94	2,24	1,73	0,98	1,31	1,84	2,71	1,92	3,47	2,94	2,59	1,53	1,61	2,36	1,78	2,13
8.	1994	0,08	0,04	0,06	0,00	0,14	0,63	0,30	0,03	0,17	0,00	0,37	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00
	(09.14.) 1995	0,51	0,39	0,81	0,35	0,79	1,25	1,61	1,12	1,77	1,41	1,33	1,23	1,01	1,41	0,90	0,73
	1996	0,58	0,49	0,92	0,41	0,88	1,33	1,72	1,21	1,86	1,50	1,42	1,30	1,17	1,52	1,04	0,88
9.	1994	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,16	0,00	0,17	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00
(																	

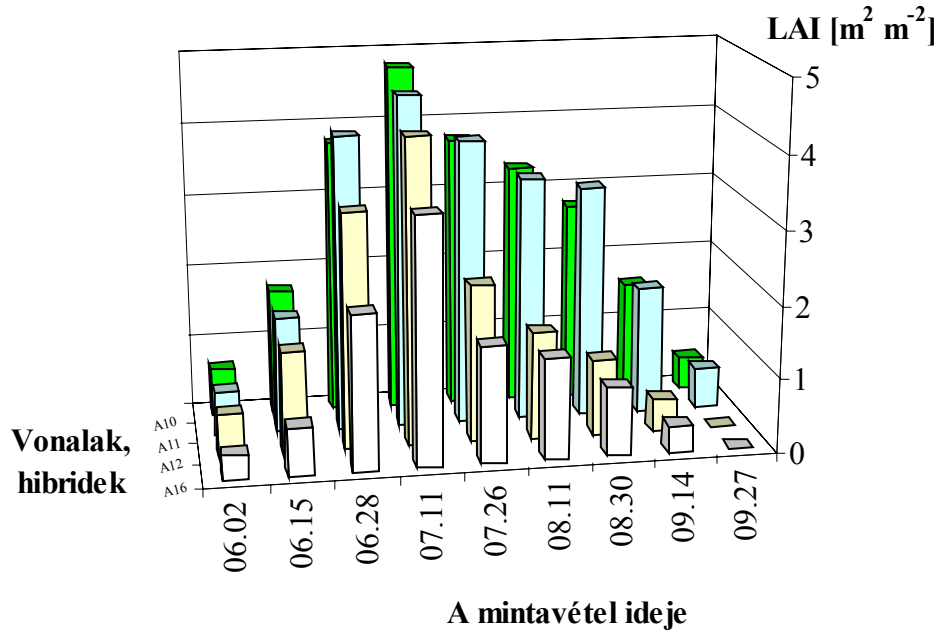
Vonalak,  
hibridek



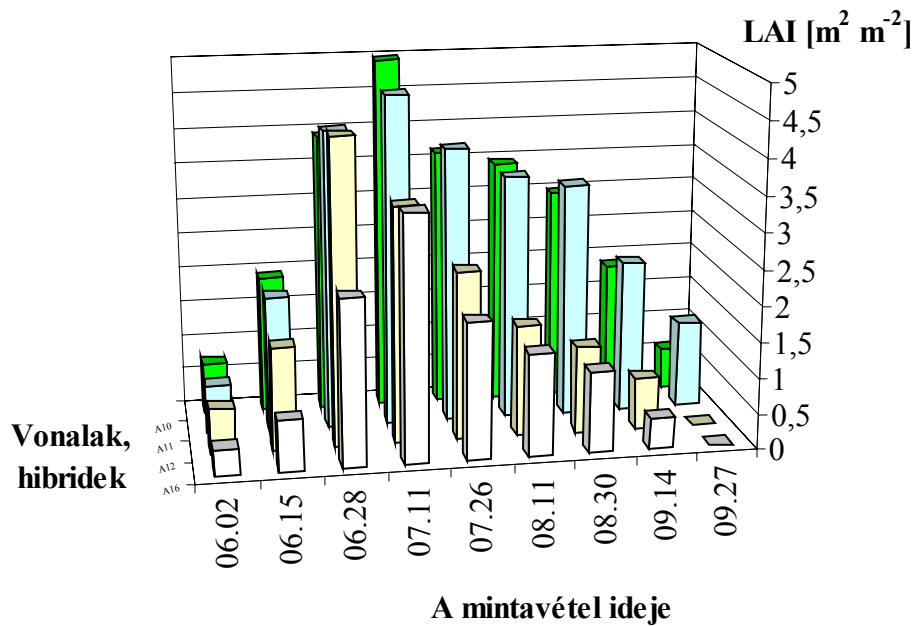
8	0,67	0,40	0,53
8	0,76	0,48	0,62



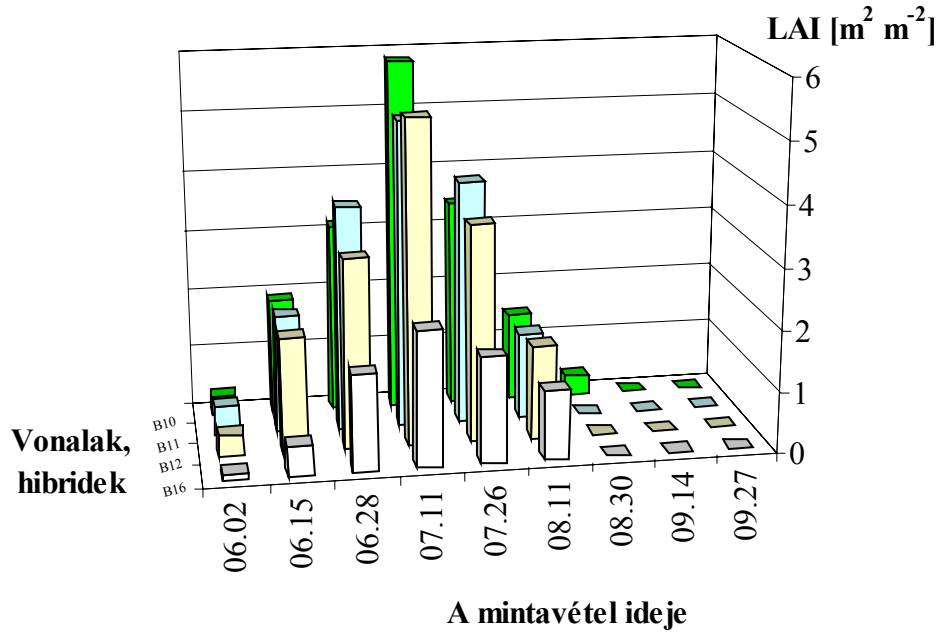
**3. ábra.** A levélterület index (LAI  $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ ) változása a tenyészidőben az **A16** vonal és hibridjei (A10, A11, A12) esetében. (Debrecen, 1994).



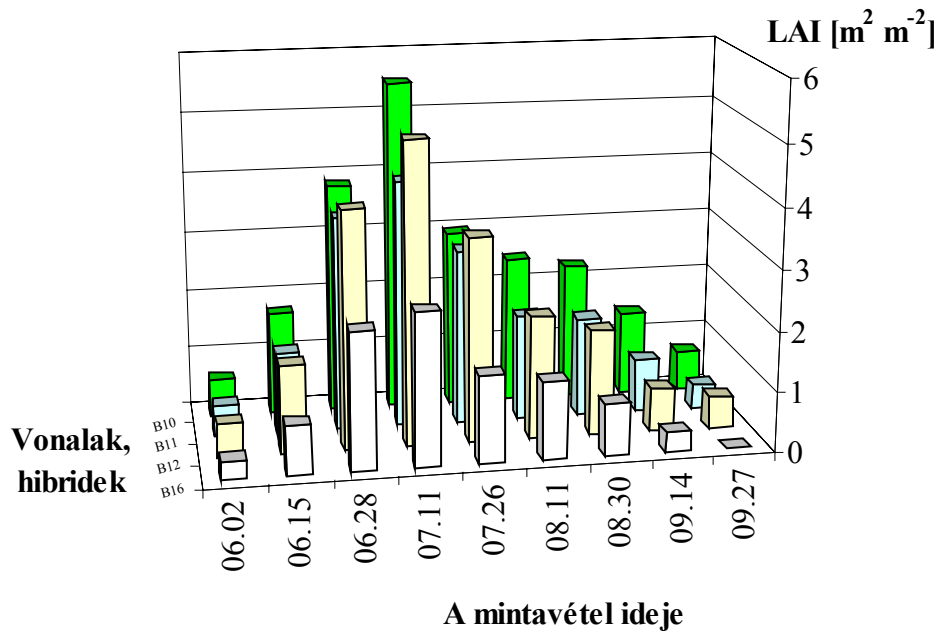
**4. ábra.** A levélterület index (LAI  $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ ) változása a tenyészidőben az **A16** vonal és hibridjei (A10, A11, A12) esetében (Debrecen, 1995).



5. ábra. A levélterület index (LAI  $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ ) változása a tenyésztőidőben az A16 vonal és hibridjei (A10, A11, A12) esetében (Debrecen, 1996).

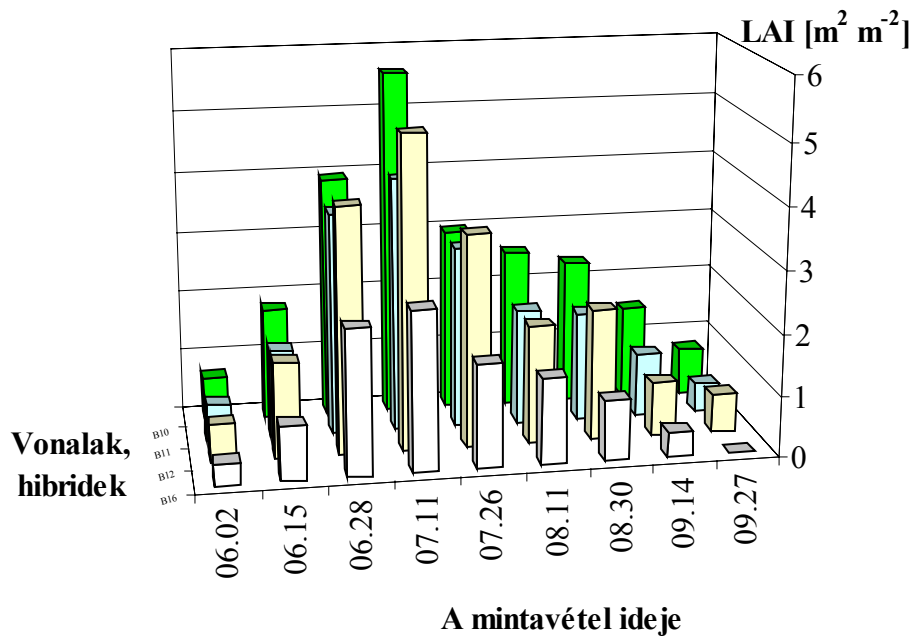


6. ábra. A levélterület index (LAI  $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ ) változása a tenyésztőidőben az B16 vonal és hibridjei (B10, B11, B12) esetében (Debrecen, 1994).



7. ábra. A levélterület index (LAI  $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ ) változása a tenyésztőidőben a B16 vonal és

hibridjei (B10, B11, B12) esetében (Debrecen, 1995).



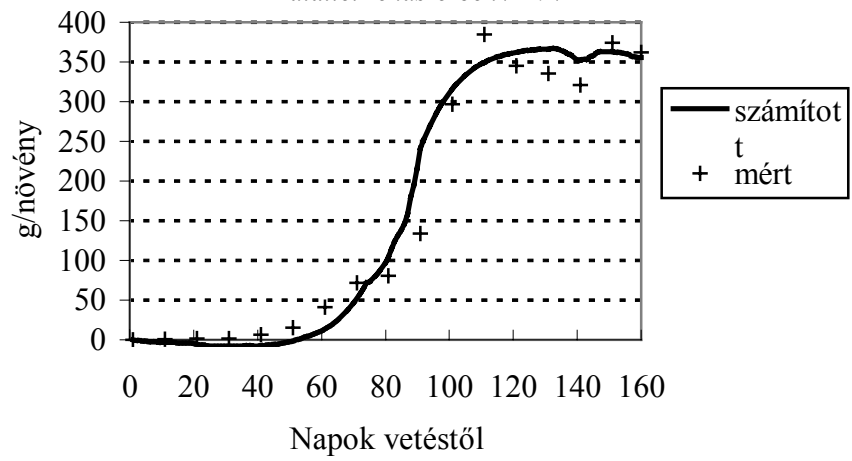
**8. ábra.** A levélterület index (LAI  $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ ) változása a tenyésztőben a B16 vonal és hibridjei (B10, B11, B12) esetében (Debrecen, 1996).

#### 4.2.2. Szárazanyag gyarapodás klimatikus stresszfüggvénnyel történő vizsgálatának eredményei

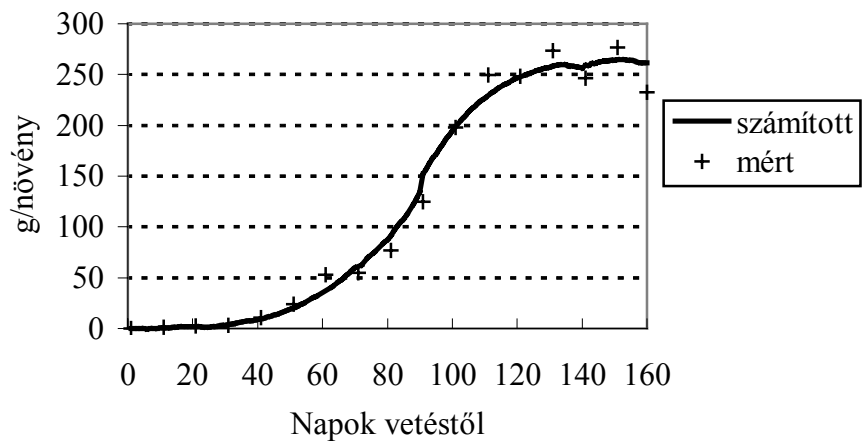
A modellel előállított, 5 napos időlépcsővel számított, tenyésztőszak alatti tömeggyarapodási értékek menetei igen jó egyezést mutattak a mért értékekkel (9., 10., ábra).

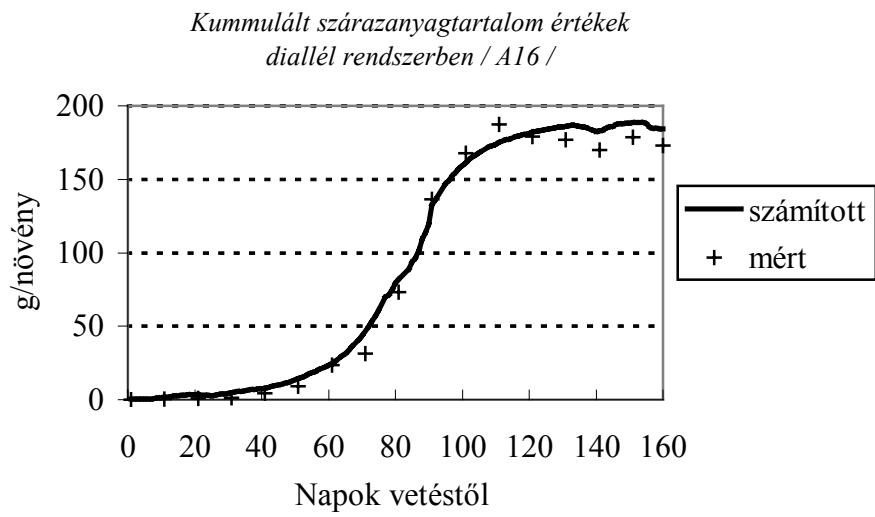
**Kukorica nemesítési kísérleti tér, középső munkaút**

Kummulált szárazanyagtartalom értékek  
diállél rendszerben / A7 /



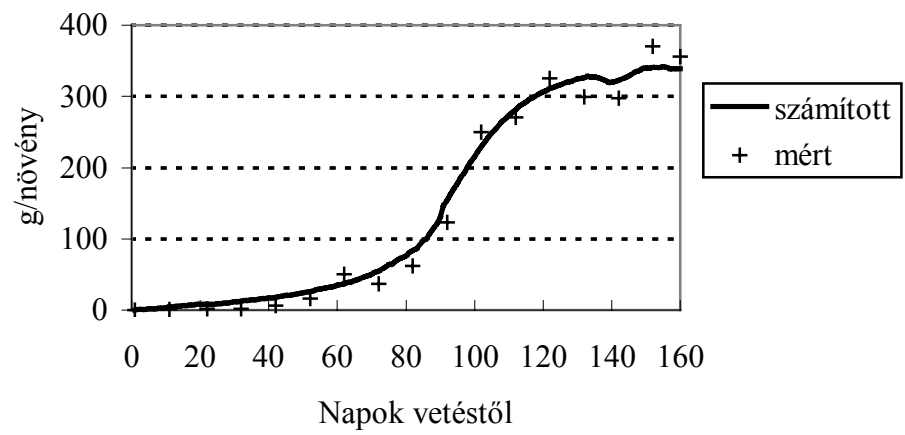
Kummulált szárazanyagtartalom értékek  
diállél rendszerben / A11 /



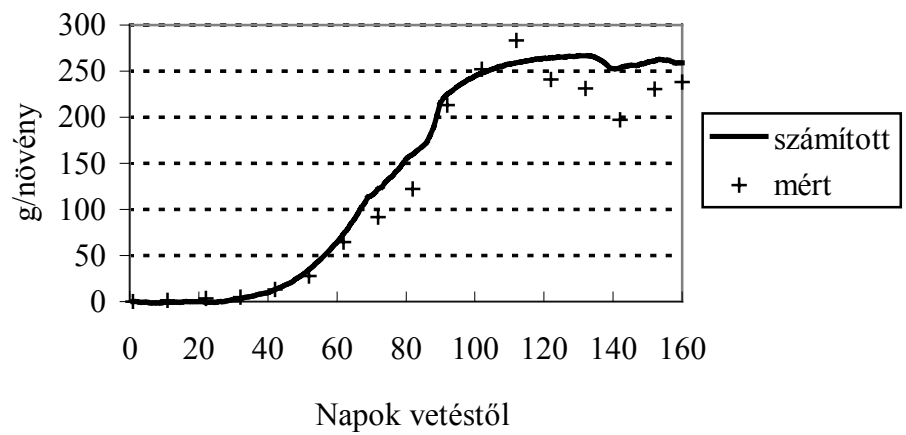


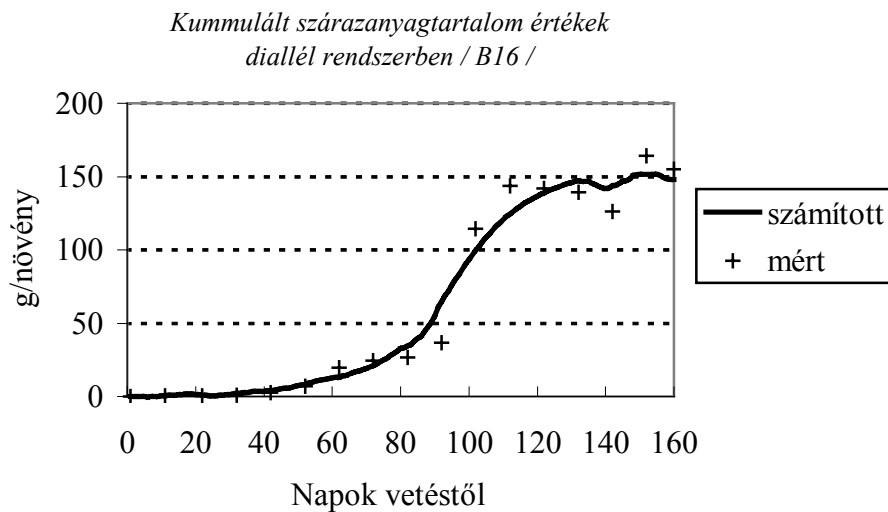
**9. ábra.** A mért és számított szárazanyagtartalom tenyésztésidőszakbeli menete az „A” diállélrendszer **A7** és **A11** kódjelű hibridjei és az **A16** vonala esetében.

*Kumulált szárazanyagtartalom értékek  
diállél rendszerben / B7 /*



*Kumulált szárazanyagtartalom értékek  
diállél rendszerben / B11 /*





**10. ábra.** A mért és számított szárazanyagtartalom tenyészidőszakbeli menete a „B” diállélrendszer **B7** és **B11** kódjelű hibridjei és az **B16** vonala esetében.

Az átlagos eltérések mint az a **11. táblázatban** látszik, sem az **A** sem pedig a **B** diállél rendszer esetében nem haladták meg a növényenkénti 20 g értéket.

**11. táblázat.** A számított és a mért szárazanyagtartalom közötti eltérések [g/növény] értékei az „A” és a „B” teljes diállélrendszerek kukorica hibridei és vonalai esetében.

Hibridek , vonalak	„A” diállél		„B” diállél	
	Átlagos	Maximális	Átlagos	Maximális



	[g/növény]	[g/növény]		[g/növény]	[g/növény]
A1	7,69	25,75	B1	10,7	26,75
A2	14,7	28,9	B2	12,9	29,9
A3	6,3	52,45	B3	8,6	47,25
A4	8	25,85	B4	14,6	42,65
A5	11,6	17,6	B5	8,9	23,8
A6	15,7	29,4	B6	6,5	17,65
A7	13,3	37,65	B7	8,8	32,75
A8	6,2	20,5	B8	17,1	33,15
A9	7,2	10,7	B9	13,5	10,95
A10	5,1	11,8	B10	7,3	17,95
A11	4,8	26,1	B11	12,7	52,05
A12	5,3	11	B12	9,1	20,6
A13	9,6	36,25	B13	5,6	12,55
A14	2,4	18,5	B14	10,6	5,6
A15	4	18,65	B15	19,9	17,15
A16	4,6	22,25	B16	9,3	33,05

A tenyészdőszak alatti maximális különbség a mért és számított értékek között nem haladták meg az 53 g/növény értéket. A kidolgozott fajtánkénti szárazanyag tömeggyarapodást becsülő modell tehát alkalmas a szárazanyag akkumulálódási dinamika becslésére. A teljes földfeletti növényi tömegre vonatkozó szárazanyag tömeg gyarapodási görbe maximum értéke és a szemtermés mennyisége közötti kapcsolatot Hunkár (1990) és Lakatos (1995) már vizsgálta középérésű kukoricafajták esetében. A két mennyiség között szignifikáns ( $p = 0.1$  %) kapcsolatot találtak.

A lineáris regressziós egyenes egyenletei a teljes földfeletti tömeg, cső tömeggel csökkentett részére illetve a cső tömegére a következő alakban írhatóak le:

$$Y(\max DM_{teljes-cső}) = 0.78 \max DM_{teljes-cső} + 45.9 \text{ g/tő}, r = 0.7$$

Hunkár (1990)

$$Y(\max DM_{cső}) = 0.08 \max DM_{cső} - 0.12 \text{ g/tő}, r = 0.96$$

Lakatos (1995)

Mivel, a szemtermés mennyisége és a tömeggyarapodás maximum értéke között szignifikáns kapcsolat mutatható ki a kidolgozott modell megbízhatóságát, pontosságát, használhatóságát a szemtermés mennyiségén keresztül is tesztelhetjük. Erre vonatkozóan több éves megfigyelési anyaggal rendelkezünk.

Amennyiben sikerül szignifikáns kapcsolatot találnunk a szemtermés nagysága és a klimatikus stresszfüggvény között, akkor kijelenthetjük, hogy olyan modellt sikerült kidolgoznunk, mely kezelni tudja a tenyészidőszak alatti éghajlati okokra visszavezethető szárazanyag csökkenést - komplex formában, mint hő és vízstressz hatások eredője - ezen kívül alkalmas a szemtermés nagyságának becslésére is.

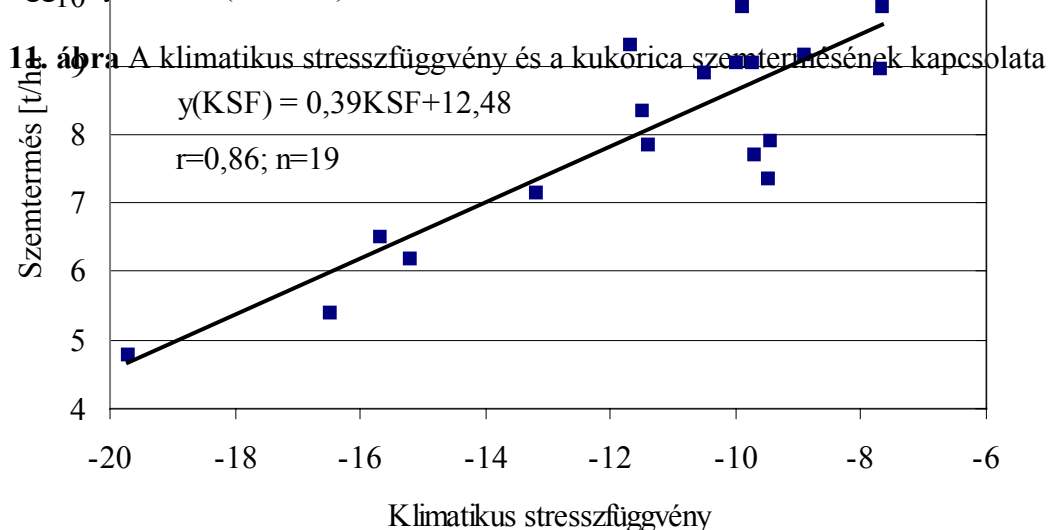
Természetesen más egyéb tényezők mint az alkalmazott agrotechnika, eltérő hibridreakciók és különböző betegségek (vírusok, gombák, baktériumok stb.) fellépései mind a szárazanyag mennyiségi alakulását, mind pedig a tényleges szemtermés mennyiségét jelentősen befolyásolhatja.

Jelen esetben mi eltekintettünk ezektől az egyébként egyáltalán nem lebecsülendő tényezőktől. Csupán a klimatikus feltételek terméskomponenseket módosító hatásával foglalkoztunk.

A tesztelést a modellezés verifikálásánál alkalmazott módszerrel végeztük el. Azaz idegen anyagon futtattuk a modellt.

Ez jelen esetben 1975-1993 közötti időszak debreceni OMMI Fajtakísérleti Állomásáról származó rövid, közepes és hosszú tenyészidejű fajták összevont átlagos szemtermése t/ha egységben kifejezve.

A rendelkezésre álló 19 év adatai és a modellel számított klimatikus stresszfüggvény között szignifikáns kapcsolatot találtunk a szemtermés nagysága és a klimatikus stresszfüggvény között. (11. ábra).



A regressziós egyenes egyenlete a következő:

$$Y(KSF) = 0.398 KSF - 12.488$$

$$r = 0.86, p = 1\%$$

A kapott eredmények igazolták, hogy a kidolgozott klimatikus stresszfüggvény olyan komplex paraméter, amely alkalmas nemcsak a tömeggyarapodási dinamika becslésére, hanem az éghajlati okokra visszavezethető termés-csökkenés számítására is.

### 4.3. A termőképesség, kombinálódó képesség vizsgálatának és a termésképző elemek diállélanalízisének eredményei

#### 4.3.1. A termőképesség vizsgálatának eredményei

Az 1995-ös tenyészidőben minden hibrid, mindkét diállél rendszer esetében 30-40% -al kevesebb termést adott -a nagymértékű aszály következtében- mint az azt megelőző és az ezután következő évben. Ez mind a parcellánkénti termőképesség [kg/parcella], mind pedig az átlagos csőtömeg [g] értékeinek jelentős csökkenésében kifejeződött (12., 13. táblázat).

**12. táblázat.** Kukoricahibridek és vonalak termőképessége (kg/parcella, t/ha) és átlagos csőtömege (g) különböző évjáratokban teljes diállél rendszerben („A” diállél rendszer, Debrecen, 1994, 1995, 1996).

Diállél	Termőképesség (kg/parcella, t/ha 14% nedvességtartalommal)						Átlagos csőtömeg		
	1994		1995		1996		1994	1995	1996
Vonalak	[kg/parcella]	t/ha	[kg/parcella]	t/ha	[kg/parcella]	t/ha	[g]		

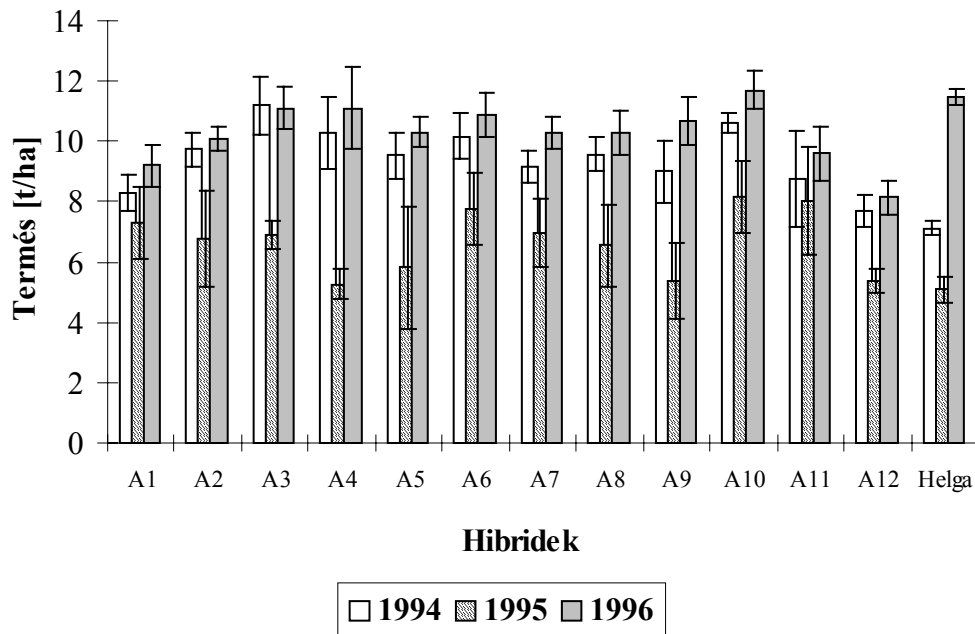
<b>A13</b>	4,257	3,69	1,405	4,17	4,317	3,57	92,26	64,20	89,45
<b>A14</b>	2,77	2,37	0,425	1,78	2,943	2,51	59,37	27,50	62,85
<b>A15</b>	5,339	4,29	2,118	4,34	4,644	3,77	107,3	66,77	94,42
<b>A16</b>	4,082	3,79	0,975	2,93	4,187	3,78	94,85	45,20	94,53
<b>Hibridek</b>	[kg/parcella]	t/ha	[kg/parcella]	t/ha	[kg/parcella]	t/ha	[g]		
<b>A1</b>	4,889	8,32	4,203	7,29	6,151	9,22	128,0	112,2	141,8
<b>A2</b>	6,573	9,74	3,698	6,76	7,773	10,1	149,9	104,0	155,4
<b>A3</b>	7,549	11,1	2,998	6,90	8,751	11,1	172,0	106,2	171,8
<b>A4</b>	7,019	10,2	2,400	5,27	8,196	11,1	158,0	81,10	172,2
<b>A5</b>	6,099	9,5	3,485	5,80	7,389	10,3	146,6	89,36	158,7
<b>A6</b>	6,711	10,1	3,480	7,77	7,930	10,9	156,2	119,5	168,8
<b>A7</b>	6,560	9,1	3,603	6,96	7,782	10,3	140,9	107,9	159,6
<b>A8</b>	6,396	9,5	3,643	6,54	7,578	10,3	147,3	100,7	158,7
<b>A9</b>	5,084	9,0	2,940	5,39	7,582	10,7	138,4	82,97	164,8
<b>A10</b>	7,691	10,5	5,138	8,16	8,997	11,7	162,9	125,6	181,5
<b>A11</b>	6,146	8,74	4,605	8,02	7,388	9,60	134,5	123,4	147,7
<b>A12</b>	4,953	7,69	3,255	5,36	6,104	8,14	118,4	82,49	125,3

**13. táblázat.** Kukoricahibridek és vonalak termőképessége (kg/parcella, t/ha) és átlagos csőtömege (g) különböző évjáratokban teljes diallél rendszerben („B” diallél rendszer, Debrecen, 1994, 1995, 1996).

<b>Diallél</b>	<b>Termőképesség (kg/parcella, t/ha 14% nedvességtartalommal)</b>						<b>Átlagos csőtömeg</b>		
	<b>1994</b>		<b>1995</b>		<b>1996</b>		<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>
<b>Vonalak</b>	[kg/parcella]	t/ha	[kg/parcella]	t/ha	[kg/parcella]	t/ha	[g]		
<b>B13</b>	1,850	2,55	0,278	1,81	2,650	3,55	39,27	27,95	54,67
<b>B14</b>	2,100	4,10	0,725	2,37	2,800	4,09	63,09	36,50	62,94
<b>B15</b>	3,625	8,43	1,945	4,20	3,750	5,06	129,7	64,62	77,89
<b>B16</b>	2,750	5,01	1,475	3,33	3,050	4,36	77,13	51,35	67,18
<b>Hibridek</b>	[kg/parcella]	t/ha	[kg/parcella]	t/ha	[kg/parcella]	t/ha	[g]		

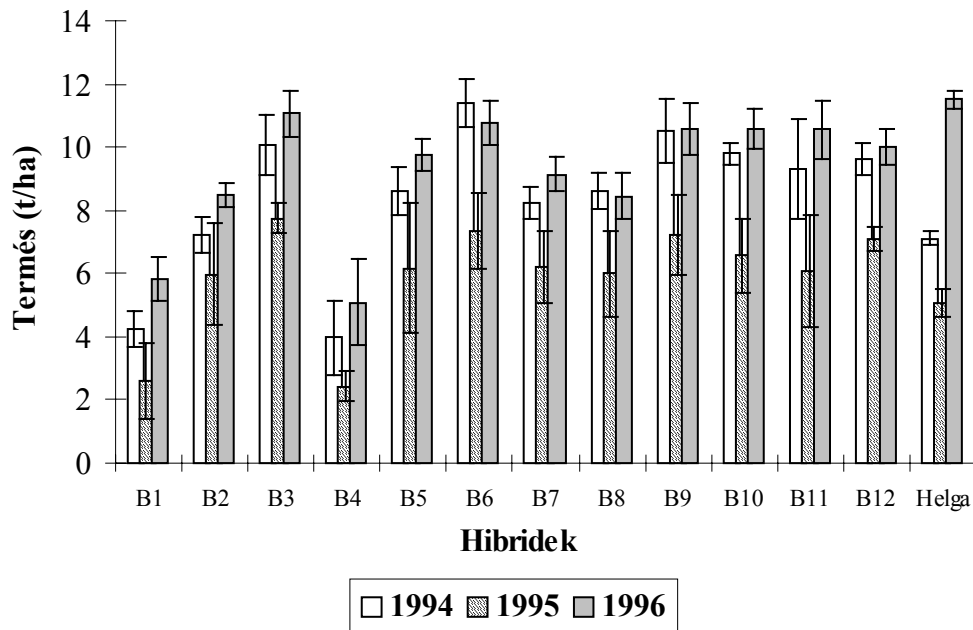
					[kg/parcella ]				
<b>B1</b>	2,850	4,25	0,688	2,59	4,050	5,85	65,43	39,88	90,00
<b>B2</b>	5,380	7,24	2,983	5,98	6,580	8,50	111,3	92,01	130,8
<b>B3</b>	6,520	10,0	3,888	7,74	7,720	11,0	155,0	119,0	170,1
<b>B4</b>	2,425	3,96	0,653	2,43	3,600	5,08	61,05	37,49	78,20
<b>B5</b>	5,050	8,63	2,780	6,17	6,250	9,45	132,8	94,96	145,3
<b>B6</b>	6,175	11,3	3,165	7,32	7,375	10,7	175,3	112,6	165,5
<b>B7</b>	5,625	8,22	2,930	6,21	6,825	9,14	126,5	95,66	140,7
<b>B8</b>	4,700	8,60	2,308	5,99	5,925	8,45	132,3	92,29	129,9
<b>B9</b>	6,175	10,5	4,263	7,20	7,400	10,5	161,7	110,8	162,8
<b>B10</b>	6,425	9,80	3,188	6,56	7,575	10,5	150,8	100,9	162,8
<b>B11</b>	6,350	9,31	2,158	6,10	7,575	10,5	143,2	93,91	162,3
<b>B12</b>	5,850	9,64	3,773	7,08	7,125	10,0	148,3	108,9	154,3

Az 'A' diallél rendszer esetében a legjobb általános kombinálódó képességgel rendelkező vonal (A13) hibridjei (A3, A10) a többi hibridhez, illetve a standard hibridhez viszonyítva is kiemelkedő termést adtak mindhárom vizsgált tenyészévben. Az aszályos, 1995-ös tenyészévben az egyes hibridek termésszintjei közötti különbségek az eltérő genetikai összetétel ellenére lecsökkentek. Ebben az évben az A1 és az A11 hibridek termésátlagai a nagy szárazság ellenére alig csökkentek, mindkettő szülői vonalai között a kiváló általános kombinálódó képességgel (GCA) rendelkező A13 és A16 szerepel. Az alacsonyabb termésszint ellenére ezek szárazságtűrése megfelelő. Az 'A' diallél rendszer hibridjei 1994-ben meghaladták, a következő tenyészévekben (1995, 1996) pedig elérték vagy meghaladták a standardként elvetett, azonos érési idejű hibrid (Helga SC) termőképességét. A diallél rendszer hibridjei legmagasabb termőképességi értéküket 1996-ban érték el és a termésátlagok kiegyenlítetttsége is ebben az évben volt a legkedvezőbb. A kísérletek eredményei alapján megállapítható, hogy a különböző termésszintek ellenére ezen, új előállítású hibridek termőképessége megfelelő. Közülük néhány hibrid termőképessége kiemelkedő (18. ábra).



**12. ábra** Az 'A' diallél rendszer hibridjeinek termőképessége a Helga (standard) hibrid termőképességével összehasonlítva (Debrecen; 1994, 1995, 1996). A sávok a  $\pm$  standard hiba értékeit szemléltetik.

A 'B' diallél rendszer hibrideinek termőképessége mindhárom vizsgált évben átlagértékben alacsonyabb szintet mutatott és nem volt olyan kiegyenlített, mint az az 'A' diallél rendszer esetében tapasztalható. Néhány hibrid (B1, B4) és ezek szülői vonalai a termőképesség szempontjából igen gyenge kombinálódó képesség értéket mutatott mind az általános (GCA), mind a specifikus (SCA) kombinálódó képesség tekintetében. Ezek növénymagassági és termőképességi értékei gyakran a vonalak termőképessége alatt maradt. A kiemelkedő termőképességű B3, B6, B9 illetve B10 hibridek szülői vonalai közt minden esetben megtalálhatók a kiváló általános kombinálódó képességi értékkel rendelkező B15 és B16 vonalak. Ezt mindhárom év eredményei igazolták. A B1 és B4 hibridek és az ezekben szereplő alacsony GCA-értékkel rendelkező szülői vonalak mindhárom évben igazolódott alacsony termőképességük miatt a további nemesítési programokból kizárásra kerültek. Ezek kivételével a diallél rendszer többi hibridjei mindhárom vizsgált tenyésztési időszakban elérték vagy meghaladták a standard hibrid termőképességét, így ezek közül a legjobbak a jövőben is előállíthatók további tesztelés és ezen keresztül -megfelelő eredmények esetén- új hibrid előállítására céljából (13. ábra).



**13. ábra** A 'B' diallél rendszer hibridjeinek termőképessége a Helga (standard) hibrid termőképességével összehasonlítva (Debrecen; 1994, 1995, 1996). A sávok a  $\pm$  standard hiba értékeit szemléltetik.

#### 4.3.2. Az általános (GCA) és a specifikus (SCA) kombinálódóképesség vizsgálatának eredményei a termőképesség és az átlagos csőtömeg esetében

A kísérletek eredményei alapján az 'A' diallél rendszer esetében kiválasztásra került egy a legjobb általános kombinálódó képességgel rendelkező vonal (A13), mely minden hibridjében, mindhárom évben (1994, 1995, 1995) és vizsgált tulajdonság (termés: [kg/parcella], átlagos csőtömeg: [g]) esetében javító hatásának bizonyult. A kísérleti eredmények megbízhatósága jó ( $R^2 > 0,8$ ), így ez a vonal a további keresztezési programokban javító szülői partnerként felhasználható. Az A15 és az A16 vonalak GCA értékei alacsonyok, de még megfelelőek, azonban az A14 vonal mindhárom évben igazolt alacsony általános kombinálódó képességi értékei miatt kizárásra került. Ez a vonal keresztezési kombinációkban rontó hatását igazolta.

A legjobb specifikus kombinálódó képességi értéket mindhárom évben és mindkét vizsgált tulajdonság tekintetében az 'A' diallél rendszer esetében az **A13x16** hibridkombináció érte el. Az érték segítségével kiválaszthatóvá vált az a konkrét kétvonalas hibridkombináció, amelynek jövőbeli előállítása a nemesítési program sikerességéhez hozzájárulhat (14., 15. táblázat).

**14. táblázat.** Az általános (GCA) és a specifikus (SCA) kombinálódóképesség hatásai a termés [kg/parcella] alakulására az 'A' diallél rendszer esetében (Debrecen; 1994, 1995, 1996).

Szülők	SCA											
	A13			A14			A15			A16		
	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996
<b>A13</b>	-2,183	-1,775	-3,022	0,262	0,387	0,555	0,43	0,445	0,787	<u>1,491</u>	<u>1,941</u>	<u>1,679</u>
<b>A14</b>	-1,065	0,901	-1,022	-2,172	-2,221	-2,954	0,86	0,649	1,213	1,049	1,183	1,857
<b>A15</b>	0,006	0,025	-0,003	-0,148	-0,078	-0,094	-0,485	-1,065	-1,998	-0,805	-0,029	-0,003
<b>A16</b>	-0,071	-1,07	-0,122	0,282	-0,562	0,271	0,065	-0,157	0,738	-1,735	-2,096	-2,862
<b>GCA*</b>	<u>0,341</u>	<u>0,08</u>	<u>0,303</u>	-0,407	-0,187	-0,417	0,036	0,08	-0,044	0,029	0,025	0,158

\*SzD 5%= 0,115 (1994); 0,241 (1995); 0,112 (1996)

$R^2(1994)= 0,82$ ;  $R^2(1995)= 0,847$ ;  $R^2(1996)= 0,893$

**15. táblázat.** Az általános (GCA) és a specifikus (SCA) kombinálódóképesség hatásai az átlagos csőtömeg [g] alakulására az 'A' diallél rendszer esetében (Debrecen; 1994, 1995, 1996).

Szülők	SCA											
	A13			A14			A15			A16		
	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996
<b>A13</b>	-50,15	-37,10	-60,39	14,00	5,803	18,13	8,029	12,40	13,91	<u>28,18</u>	<u>18,89</u>	<u>28,35</u>
<b>A14</b>	-15,03	15,57	-15,19	-56,29	-52,95	-65,11	22,95	12,24	26,06	19,32	14,90	20,92
<b>A15</b>	4,489	-1,538	-2,099	-0,332	-5,691	0,014	-25,04	-18,40	-42,96	-5,944	-6,238	2,981
<b>A16</b>	4,539	-9,73	-4,848	10,87	-1,931	10,56	10,03	0,236	19,73	-41,50	-45,56	-52,25
<b>GCA*</b>	<u>5,353</u>	<u>5,691</u>	<u>4,676</u>	-8,024	-4,736	-6,262	0,35	-2,375	-1,557	2,32	1,419	3,143

\*SzD 5%= 2,063 (1994); 3,18 (1995); 2,069 (1996)

$R^2(1994)= 0,872$ ;  $R^2(1995)= 0,812$ ;  $R^2(1996)= 0,917$

A 'B' diallél rendszer esetében a legjobb általános kombinálódó képességi értékkel a B15 és a B16 vonalak rendelkeztek. A vizsgált értékmérő tulajdonságok tekintetében mindhárom évben javító hatásúnak bizonyult ez a két beltenyészett vonal. Ezek a későbbiek során az 'A' diallél rendszer kiválasztott, legjobb kombinálódó képességű vonalaival újabb keresztezési program növényi alapanyagát képezhetik, melynek során az eddig felhasznált nyolc vonal közül a legértékesebbek nagy biztonsággal kiválaszthatóak lesznek. A GCA-értékek alapján a vizsgálatban szereplő B13 és B14 vonalak a vizsgált tulajdonságok tekintetében rontó hatásúak voltak, ennek alapján a további nemesítési programokból ezek kizárhatók.



A kedvezőtlen GCA értékek ellenére hibridkombinációkban a legnagyobb specifikus kombinálódó képességi értéket a **B13xB16** és **B14xB16** hibridek érték el. Ezen keresztezési kombinációk további tesztelések céljából előállíthatók (16., 17. táblázat).

**16. táblázat** Az általános (GCA) és a specifikus (SCA) kombinálódóképesség hatásai a termés [kg/parcella] alakulására az 'B' diállél rendszer esetében (Debrecen; 1994, 1995, 1996).

Szülők	SCA											
	B13			B14			B15			B16		
	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996
<b>B13</b>	-1,765	-1,118	-2,093	-0,831	-0,515	-0,834	0,998	0,555	1,195	<u>1,598</u>	<u>1,079</u>	<u>1,732</u>
<b>B14</b>	0,212	0,017	0,3	-1,221	-0,25	-1,625	0,518	0,352	0,74	1,535	0,413	1,719
<b>B15</b>	-0,122	0,026	-1,122	0,175	0,236	0,162	-1,766	-1,461	-2,52	0,25	0,553	0,584
<b>B16</b>	0,047	0,35	0,072	-0,087	0,503	-0,1	0,162	0,245	0,137	-3,383	-2,045	-4,036
<b>GCA*</b>	-0,5	-0,464	-0,443	-0,646	-0,674	-0,603	0,388	0,540	0,319	<u>0,758</u>	<u>0,598</u>	<u>0,727</u>

\*SzD 5%= 0,106 (1994); 0,241 (1995); 0,11 (1996)

$R^2(1994)= 0,895$ ;  $R^2(1995)= 0,869$ ;  $R^2(1996)= 0,909$

**17. táblázat** Az általános (GCA) és a specifikus (SCA) kombinálódóképesség hatásai az átlagos csőtömeg [g] alakulására az 'B' diállél rendszer esetében (Debrecen; 1994, 1995, 1996).

Szülők	SCA											
	B13			B14			B15			B16		
	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996
<b>B13</b>	-30,90	-27,34	-43,60	-17,84	-17,01	-16,09	8,346	15,65	20,27	<u>40,40</u>	<u>28,69</u>	<u>39,42</u>
<b>B14</b>	2,190	1,194	5,899	-28,90	-19,60	-39,15	11,05	15,04	20,26	35,69	21,56	34,98
<b>B15</b>	-7,582	-1,827	-4,929	0,251	1,337	7,691	-21,33	-36,43	-54,83	1,936	5,725	14,28
<b>B16</b>	2,209	9,084	3,628	16,02	9,377	1,616	6,721	0,942	4,258	-78,03	-55,98	-88,69
<b>GCA*</b>	-23,46	-12,32	-11,98	-12,55	-11,92	-10,07	16,98	10,55	5,241	<u>19,03</u>	<u>13,69</u>	<u>16,81</u>

\* SzD 5% = 1,963 (1994); 2,166 (1995); 2,166 (1996)

$R^2(1994)= 0,935$ ;  $R^2(1995)= 0,868$ ;  $R^2(1996)= 0,926$

A varianciaanalízis eredménye igazolja, hogy mindkét diállél rendszer esetén szignifikáns SCA és GCA eredet, variáció mutatható ki a termésmennyiségre [kg/parcella] és az átlagos csőtömeg értékére [g]. A regressziós koefficiens értéke minden esetben  $R^2 > 0,8$ , tehát az elemzések során az összefüggés szorosnak tekinthető.

Az elemzések lehetővé tették, hogy a GCA értékek alapján az 'A' diállél rendszer esetében egy kiváló kombinálódó képességű és két javító hatású, a 'B' diállél rendszerénél pedig egy kiváló és egy javító hatású vonalat válasszunk ki. A kísérletek jelentősége ezentúl

abban rejlik, hogy az SCA értékek alapján az 'A' diallél rendszer esetében 1 a 'B' diallél rendszerénél pedig 2 hibridkombinációt is ki tudunk emelni. A kedvezőtlen, a vizsgált tulajdonságok tekintetében alacsony kombinálódó képességi értékekkel rendelkező beltenyésztett kukoricavonalak (A14, B13, B14) pedig kizárásra kerültek a további keresztezési, hibridelőállítási programokból.

### **Kukoricavonalak beporzás, virágzatizolálás után**

**Az A13 vonal hibridjei és csőtermése**

**Az A16 vonal és hibridjei csőtermése**

### **A B13 vonal és hibridjei csótermése**

## **A B16 vonal és hibridjei csőtermése**

### **5. Következtetések és javaslatok**

- A kukorica nemesítésben felhasználható genotípusok körének szélesítéséhez a mutációs nemesítési módszer alkalmazása nagy segítséget jelent. Indukált mutánsok felhasználásával a populáció génkészlete gyarapszik, ami a fajták formagazdagságban bekövetkezett elszegényedése miatt napjainkban egyre fokozottabb jelentőségű. A változékonyságot növelő mutáció segítségével olyan növénytermesztési szempontból kedvező vonalakat szelektáltunk, amelyek a termelési igényeket jobban kielégítő új

hibridkombinációkat eredményeztek. A nemesítési alapanyag diverzifikálását neutronsugárzással valósítottuk meg.

- A neutronsugárzás nagy genetikai affinitása miatt a kukoricanevelési programokban történő nagyobb mértékű felhasználása a jövőben is indokolt. Az alapanyagok gyors neutronos vetőmagkezelését követően a szegregációt mutató állományok szigorú beltenyésztését, genetikai homogenizálását és a legkedvezőbb agronómiai tulajdonságokkal rendelkező beltenyésztett vonalak kiválogatását végeztük el.
- Kísérleteink alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a ciklotron sikeresen használható a genetikai variabilitás növelésében.
- A mutációs nemesítés révén igen sok, széles genetikai variabilitással rendelkező, homogén beltenyésztett törzset alakítottunk ki. Diallél analízis segítségével a legjobb általános (GCA) és specifikus (SCA) kombinálódóképességgel rendelkező vonalakat kiválogattuk. Ezek felhasználásával állíthatók elő azok az F1 hibridek, amelyek a legjobb gazdasági értékmérő tulajdonságokkal rendelkeznek.
- A feladat elvégzéséhez széleskörű, több ismétléses diallél kísérletet szükséges beállítani több tenyésztési időszakban, melynek során több tényező vizsgálatának elvégzése szükséges. Ezek összesítése után vonhatók le azok a komplex következtetések, amelyek a további kiválogatást segítik. Ezeket a vizsgálatokat közvetlenül a vetés után meg kell kezdeni a növényi részenkénti tömeggyarapodás, levélterület-index (LAI) felvételezésével, rögzítésével; a diallél rendszer vonalai és hibridjei minden fenofázisban történő UPOV-szabvány szerinti részletes leírásával. A tenyésztési időszak végén meghatároztuk az ismétlésekénti külön parcellás betakarítás után a termőképességet, elvégeztük a termésképző elemek diallél analízisét, mellyel az egyes vonalak kombinálódóképességi értékeit összehasonlítottuk. Az előzőekben említett vizsgálatokat alkalmasnak találtuk arra, hogy a legjobb vonalakat illetve a kétvonalas hibridkombinációkat kiválogathassuk.
- Az adatok összesítése után összehasonlításokat végeztünk az adott időszak standard hibridjeivel, valamint a különböző évjáratok hatását vizsgáltuk. Arra a következtetésre jutottunk, hogy csak az a vonal illetve hibridjei képezhetik a további nemesítési programok alapját, amelyek a fenti vizsgálatok során kiemelkedő eredményeket mutatnak és az egyes vizsgálati tényezők követelményeinek megfelelnek.
- A kukorica termőképességének, a termelés gazdaságosságának fokozása jelentős feladat a nemesítésben. Javaslatunk az, hogy nemcsak a terméssel vagy a terméselemekkel, hanem az ezeket létrehozó élettani folyamatokkal is számoljunk, ezek optimumára szelektáljunk.

A módszerek közül jelentős a fotoszintézis intenzitásának, teljesítményének növelése. A feladat megoldása több oldalról is megközelíthető. Növeli a fotoszintézis teljesítményét az olyan hibridek előállítása, amelyeknek a kezdeti fejlődése nagyon gyors, a növény hamarabb takarja a földet, és így több fényenergiát hasznosít. Ezt a célt szolgálja az állomány LAI értékének növelése is. Véleményünk szerint a nemesítési programok célkitűzéseiben figyelmet kell fordítani arra, hogy a kukorica hibridek 3,0-3,5 LAI értékét (levélterület index = Leaf Area Index,  $m^2 \cdot m^{-2}$ ) 4,5-6,0 értékre emeljük.

- Kísérleteink alapján arra következtethetünk, hogy a tömeggyarapodás évi dinamikájában történő visszaesések, tömegcsökkenések figyelmen kívül hagyása nagyfokú pontatlanságot okozhat a végtermék, teljes produkció becslésénél. Sok esetben ugyanis a tömegvisszaeséseket követően újbóli intenzív szárazanyag képződés tapasztalható, ami jelentősen megnövelheti a figyelmen kívül hagyott, nem csökkent, szárazanyag mennyiséget. Ezért javasoljuk a nemzetközileg széles körben használt modellek - mint a CERES - hazai adaptációja során a pontosság növelését. A vizsgálatok során alkalmazott modell bár tartalmaz némi determinisztikus tényezőt  $F(t)$  fajtafüggvény, mégis a mindenkor stochasztikus időjárási hatásokat is kezelni tudja a  $KSF(t)$  klimatikus stresszfüggvény segítségével. A használhatósága mellett szól, hogy csupán 4 bemenő adatot (hőmérséklet, globálsugárzás, relatív nedvesség, talajnedvesség) tartalmaz, s a modell számítási formulájában csak lineáris tagok szerepelnek.
- A tenyészidőszak alatti tömeggyarapodási görbék esetében vizsgált tényezővek számának növelését a validitás érdekében fontosnak tartjuk.
- Az általunk kidolgozott modell alkalmas a különböző hibridek növekedési tulajdonságainak leírására, valamint a stresszes periódusok meteorológiai jellemzésére is.
- Azt a következtetést vontuk le, hogy alkalmazásával kiválaszthatók azok a kedvező hibridkombinációk, amelyek legkevésbé érzékenyek a hazánkban egyre gyakrabban előforduló aszályra.



## **Az 'A' diallél kísérlet parcellái közvetlenül a betakarítás előtt**

### **Az A10 hibrid a betakarítás előtt**

#### **6. Összefoglalás**

- Napjaink hazai szántóföldi növénytermesztésének egyik legfontosabb növénye a kukorica. Ezért nagyon fontos, hogy sokoldalúan foglalkozzunk a termelés, a felhasználás és nem utolsósorban a nemesítés problémáival, a kukoricatermesztés jövőbeli feladataival. A nemesítés célkitűzései esetében a jelenlegi 12-13 t/ha-os termésátlagok további, jelentős növelésére már nem számíthatunk. Az egyre gyakrabban jelentkező aszályos évjáratok nagy károkat okoznak a szántóföldi és kertészeti növénykultúrákban, így egyre inkább jelentős mértékű termésesökkenéssel számolhatunk a mezőgazdasági termelés során a jövőben is. A biológiai alap, az elvetendő hibridkukorica megválasztásának helyes, illetve

helytelen döntésével már előre meghatározzuk a kukoricatermesztés sikerességét, a termés mennyiségét, az árualapot, amelynek értékesítéséből származik a gazdálkodás eredményessége. Magyarországon elvileg 203 szemes és több mint 50 silókukorica-hibrid közül lehet választani. Az államilag elismert hibridkukoricák országos fajtakísérleteinek adatai igazolják, hogy az eredményes fajtaválasztás alapjai rendelkezésre állnak. A tényleges fajtakínálat valójában mintegy 150 hibrid, amelyeknek a vetőmagja a piacon beszerezhető.

- Hazánkban a kukoricanemesítés genetikai bázisa azonban - a specifikus nemesítői célkitűzések és a génerózió következtében - az utóbbi évtizedekben jelentősen leszűkült, melynek előnytelen hatásai közismertek. A kukoricatermesztésben igen sok külföldi hibridet használnak, amelyek genetikai hátterét csak néhány beltenyésztett vonal alkotja. A termesztés genetikai sebezhetőségének csökkentése érdekében rendkívül fontos a kukorica nemesítés alapanyagbázisának különböző módszerekkel történő szélesítése. A genetikai variabilitás növelésének specifikus változata a különböző mutagénekkel történő kezelés. Jelentős azoknak a törzseknek, populációknak a száma is, melyek bizonyos előnytelen tulajdonságaiknál fogva korlátozottan használhatók a nemesítési programokban. Ezen negatív tulajdonságok javítása a hagyományos nemesítési eljárásokon túlmenően, újabb biotechnológiai módszerekkel is lehetséges. Ezek mellett azonban hasznos lehet a mutációs módszerek alkalmazása is.

***A kutatás célkitűzése a következő volt:***

- a standard hibridekhez viszonyítva jó termőképességű,
- jó alkalmazkodó képességű,
- megfelelő HARVEST-INDEX-szel rendelkező,
- jó minőségű

F<sub>1</sub> hibridkukoricát adó transzgresszív, mutáns beltenyésztett szülői vonalak kiválogatása diallél analízis alkalmazásával. A kutatás további céljaiként említhető a diallél rendszerek szülői vonalainak és hibrideinek teljeskörű fenotípusos és genotípusos leírása és vizsgálata, amely magába foglalja a virágzásbiológiai vizsgálatokat, az UPOV-szabvány szerinti

fenometriai vizsgálatokat, produkcióbiológiai vizsgálatokat, növekedésanalízist, a kombinálódó képesség vizsgálatát a termésképző elemek diallél analízisét, a genetikai analízist, amelyek mind hasznos információval szolgálnak a további nemesítési programokhoz.

Az egymást követő évjáratok hatásait is vizsgáltuk, amely alapján az egyes vonalak és hibrideik termésbiztonságára lehet következtetni.

Kísérleteinket az Agrártudományi Egyetem, Debrecen Növénytermesztés- és Földműveléstani Tanszékének kísérleti telepén, Látóképen állítottuk be. Az 1980-ban a genetikai alapok szélesítése érdekében indult program keretében F<sub>1</sub> kukoricahibridek vetőmagjának besugárzását végeztük el Co<sup>60</sup> izotóppal majd később (1985) a program bővítéseként gyors neutron sugárral. Az így kialakult pozitív mutáns kukoricatörzseket a szelekciót követően több éven keresztül beltenyésztettük. Ennek eredményeként kialakult, jelenleg már homogén vonalak képezték a kísérletek növényi anyagát. Két teljes diallél rendszert ('A' és 'B') hoztunk létre 1993-95-ig minden évben, 4-4 a nemesítés szempontjából kedvező értékmérő tulajdonságokkal rendelkező beltenyésztett kukoricavonal keresztezési partnerként történő felhasználásával. Az egyes diallélrendszerek előállítása során elvégeztük ezen vonalak beltenyésztését, keresztezését és visszakeresztezését. A termőképesség és az átlagos csőtömeg vizsgálata során a kombinálódóképesség (GCA, SCA) meghatározását a GRIFFING 1-es módszere alapján működő DIALLEL Analysis and Simulation (BUROW-COORS, 1993) program alkalmazásával végeztük el.

***Kutatási eredményeinket az alábbiakban foglaljuk össze:***

- A virágzásbiológiai vizsgálatok az UPOV TG/2/6 módszer alapján kerültek elvégzésre. Mindhárom vizsgált évben (1994, 95, 96) leírásra került mindkét teljes diallél rendszer („A” és „B”) vonalainak, illetve hibridjeinek teljes körű virágzásbiológiai tulajdonsága. Megegyezőek voltak a különböző vizsgált évjáratokban az egyes tulajdonságokat kifejező antociánossági értékek is, mely a szülői vonalak, valamint a hibridek nagyfokú stabilitását mutatják. Ez az elvégzett kísérletek megbízhatóságának alapját képezi.

- A levélterület index maximális értékét mindkét diallél rendszer esetében július közepén érte el. Az 'A' diallél rendszer esetében az **A10** (5,41 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>) és **A11** (5,19 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>) hibrideknél volt mérhető a legnagyobb LAI-érték. A "B" diallél rendszerénél a legmagasabb LAI értéket **B3** (7,514 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>), a **B10** (5,84 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>) és a **B9** (5,83 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>) hibridek érték el. Az **A4** és a **B3** hibridek LAI értéke erőteljes fattyosodásuk miatt volt ilyen magas. Igazán csak az **A10**, **11** és a **B9**, **10** hibridek értékelhetők kedvező kombinációnak a LAI érték szempontjából, mert fattyosodás nélkül érték el ezt a magas értéket. Emellett növénymagasság és állománykiegyenlítetttség szempontjából is kedvezőbbek voltak, mint az **A4** és **B3** hibridek.
- A diallél rendszerek vizsgálata növénynemesítési szempontból igen fontos, hiszen ezáltal kaphatunk csak átfogó képet a különböző genetikai hátterű hibridek környezeti reakcióiról. Segítségével a mennyiségi jellegek, tolerancia fokok, környezeti alkalmazkodó képességek örökölhetősége értékelhető.
- A szárazanyag gyarapodás klimatikus stresszfüggvény alkalmazásával történő vizsgálatának célja az volt, hogy a genetikai, meteorológiai valamint talaj paraméterek alapján leírjuk a diallél rendszer minden egyes tagjának tenyészidőszakbeli tömeggyarapodását, valamint a kedvezőtlen időjárási feltételek következtében létrejövő szárazanyag tartalom csökkenést, képet kapva ezáltal arról, hogy mely környezeti feltételek kedvezőek és melyek kedvezőtlenek a növény számára. A tömeggyarapodási görbék ismerete alapján kiválaszthatók azok a meteorológiai elemek, amelyek döntő módon befolyásolják a növényi fejlődést, ezenkívül meghatározhatjuk ezen elemek kritikus értékeit, tartamait melyek mellett illetve felett különféle stresszhatások: hő valamint vízstressz alakul ki. A stresszes állapotot követően minden esetben tömeggyarapodás visszaesés tapasztalható. A kidolgozott modell alapegyenlete:

$$DM(t) = \sum_{t = \text{vetés}}^{\text{érés}} c [F(t) - ST(t)] + d$$

melyben, **c** és **d** regressziós konstansok, **F(t)** a fajtafüggvény, **ST(t)** a stresszfüggvény. Az alkalmazott fajtafüggvény jól reprezentálja a diallél rendszer minden egyes elemének potenciális napi szárazanyagképződését. Előállítás a diallél rendszer minden egyes tagjára jellemző szárazanyag gyarapodási ökológiai optimumgörbe (burkológörbe) idő szerinti differenciálásával történt. A modell igen fontos paramétere az alábbi alakú stresszfüggvény:

$$KSF(t) = 7 \left[ (RT - RG) - 0.7 \left( \frac{1}{RVK_{talaj}} * \frac{1}{RN_{levegő}} \right) - 1 \right]$$

amelyben, **RT** a relatív hőellátottság, ami tényleges hőmérséklet valamint a bázishőmérséklet  $T_b = 10 \text{ °C}$  hányadosaként állítható elő, **RG** a tényleges és a csillagászatilag lehetséges globálsugárzás aránya, **RN<sub>lev</sub>** a levegő relatív nedvességtartalma, **RVK<sub>talaj</sub>** pedig a vizsgált terület talajának relatív vízkészlete,  $VK_{min} = 285 \text{ mm}$ .

A számítógépes futtatási eredmények kedvezőek voltak. Az extrém száraz 1994-es évben, amikor az egyes hibrideknél 60-90 g/tő tömegcsökkenéseket tapasztaltunk, akkor a modellel számított és mért eredményei közötti különbségek nem haladták meg a 20-30 g / tő értéket.

- Az 1995-ös tenyészidőben minden hibrid, mindkét diallél rendszer esetében 30-40% -al kevesebb termést adott -a nagymértékű aszály következtében- mint az azt megelőző és az ezután következő évben. Ez mind a parcellánkénti termőképesség [kg/parcella], mind pedig az átlagos csőtömeg [g] értékeinek jelentős csökkenésében kifejeződött.
- Az 'A' diallél rendszer esetében a legjobb általános kombinálódó képességgel rendelkező vonal (A13) hibridjei (A3, A10) a többi hibridhez, illetve a standard hibridhez viszonyítva is kiemelkedő termést adtak mindhárom vizsgált tenyészévben. Az aszályos, 1995-ös tenyészévben az egyes hibridek termésszintjei közötti különbségek az eltérő genetikai összetétel ellenére lecsökkentek. Ebben az évben az A1 és az A11 hibridek termésátlagai a nagy szárazság ellenére alig csökkentek, mindkettő szülői vonalai között a kiváló általános kombinálódó képességgel (GCA) rendelkező A13 és A16 szerepel.
- A 'B' diallél rendszer hibrideinek termőképessége mindhárom vizsgált évben átlagértékben alacsonyabb szintet mutatott és nem volt olyan kiegyenlített, mint az az 'A' diallél rendszer esetében tapasztalható. Néhány hibrid (B1, B4) és ezek szülői vonalai a termőképesség szempontjából igen gyenge kombinálódó képesség értéket mutatott mind az általános (GCA), mind a specifikus (SCA) kombinálódó képesség tekintetében. Ezek növénymagassági és termőképességi értékei gyakran a vonalak termőképessége alatt maradt. A kiemelkedő termőképességű B3, B6, B9 illetve B10 hibridek szülői vonalai közt minden esetben megtalálhatók a kiváló általános kombinálódó képességi értékkel

rendelkező B15 és B16 vonalak. Ezt mindhárom év eredményei igazolták. A B1 és B4 hibridek és az ezekben szereplő alacsony GCA-értékkel rendelkező szülői vonalak mindhárom évben igazolódott alacsony termőképességük miatt a további nemesítési programokból kizárásra kerültek. Ezek kivételével a diallél rendszer többi hibridjei mindhárom vizsgált tenyésztési évben elérték vagy meghaladták a standard hibrid termőképességét, így ezek közül a legjobbak a jövőben is előállíthatók további tesztelés és ezen keresztül -megfelelő eredmények esetén- új hibrid létrehozása céljából.

- A kísérletek eredményei alapján megállapítható, hogy a különböző termésszintek ellenére ezen, új előállítású hibridek termőképessége megfelelő. Közülük néhány hibrid termőképessége kiemelkedő.
- A diallél analízis három vizsgálati évének eredményeként mindkét diallél rendszer esetében egy-egy kiváló kombinálódó képességű mutáns beltenyésztett vonal (A13, B16) kiválasztását végeztük el, melyek minden hibridjükben és a vizsgált értékmérő tulajdonságok esetében javító hatásúak voltak. Ezek keresztezési partnerként való alkalmazásával előállított F1 hibridek legtöbbje elérte vagy meghaladta az azonos érési idejű standard hibridek termőképességét. Az egymást követő három vizsgálati év ezen eredményeket megerősítette, így ezek a vonalak a további keresztezési programokban nagy biztonsággal felhasználhatók. Az 'A' diallél rendszer esetében egy (A14) a 'B' diallél rendszer esetében pedig két (B13,14) beltenyésztett vonal a további nemesítési programokból kiesett, mert minden vizsgálati évben és vizsgált gazdasági értékmérő tulajdonság tekintetében rontó hatásúnak bizonyult.

## 7. IRODALOM

- ÁBRÁNYI, A. (1979): A kukorica (*Zea mays* L.) növekedésének és fejlődésének meteorológiai modellezése. Beszámoló az 1976-ban végzett Tudományos Kutatásokról. OMSZ. Budapest 151-156 p.
- ALBERGONI, F.-BASSO, B.-PÉ. E.-OTTAVIANO: Photosynthetic rate in maize. Inheri and correlation with morfolog. *Maydica*, Bergamo. 28. k. 4 sz. 439-440.
- ALDRICH, S.R.-LENG, E. R. (1972): Modern corn production. Fand Publishing Crop. Printed, Illinois. 8-15.

- ALIKA, J. E. (1994): Diallel analysis of ear morphological characters in maize (*Zea mays* L.). *Indian-Journal-of-Genetics-and-Plant-Breeding*. 54. 1, 22-26. 9 ref.
- ALTINBAS, M. (1996): A study on the effectiveness of some statistic genetic parameters in predicting hybrid performances for grain yield and its componeents in maize. *Anadolu*. 6: 1, 32-44: 10 ref.
- ASZYKA, J. A.-TROFIMOV, V. A. (1988): O szelekcií kukuruzy na úszkorennos vyszyhanis zerna pri szozrevanni. *Szel' szkohzjajsztvennaja Biologija, Moszkva*. 2. sz. 3-9.
- ASZYKA, Ju. A. (1986): Rol' otdel' nyh mezsfažnyh periodov v prodolzitel' noszti vegetacii i produktivnoszti kukuruzy. *N.T. Jull. VSZGI, Odessza*. 4. (62) st, 24-30.
- BAJAI, J. (1959): Összefüggés a kukorica levélterülete és a tenyészterület különféle alakja között. *Növénytermelés*, 5/3. 217-221.
- BÁLINT, A. (1967): Heterózis és mutáció a kukoricában. *Akadémiai Kiadó, Budapest*.
- BÁLINT, A. (1977): Gazdasági növények produkció genetikája. *Akadémiai Kiadó, Budapest*, 155.
- BÁLINT, A.-KOVÁCS, G.-né-KRAMARIK, I.-né-MENYHÉRT, Z.-NÉMETH, G.-SUTKA, J. (1972): A kukorica minőségi nemesítése. *Takarmánybázis*. 12:2:7-18.
- BÁLINT, A.-KOVÁCS, G.-né-HAJOS, L.-né-GESZKI, I. (1979): Indukált mutánsok felhasználásának eredményei a kukorica nemesítésében. *Szimpozion, Budapest*. 214-220.
- BELLINI, P.-FUSI, G. (1961): Rese individuali ed unitarie dei diversi organi epigei in *Zea mays* L. *Elette*, VII:1:28-40.
- BENAVIDEZ, R.-JASA, P. (1993): Evaluation of additive and non-additive effects in maize (*Zea mays* L.) populations. *Informe-Tecnico-Estacion-Experimental-Agropecuaria-Pergamino*. No. 284. 12 pp: 22 ref.
- BERÉNYI D. (1945): A kukorica termesztése és összefüggése az időjárással. *Alföldi Magvető, Debrecen*.
- BERTALANFFY, L. von (1957): Quantitative laws in meteabolism and growth. *Quart. Rev. Biol.* 32, 217-231 p.
- BEZRUKOVA, V. P. (1965): Vlijanis gusztotü poszeva na razvitije lisztovoj poverhnoszti i uroszaj zerna. *Kukuruza, Moszkva*. /10/:12. 26-27.
- BLACKMAN, G. E. et.al. (1955): Phisiological and ecological studiesin the analysis of plant enviroment. *Ann. bot. New Series* 19: 527-548.
- BLIYA, P. M.-BURIS, J. S. (1988): Diallel analysis of tolerance of drying injury in seed corn. *Crop Science, Madison*. 28.k.6.sz. 935-938.

- BOCZ, E. (1992): A kukorica származása, morfológiája, elterjedése. Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó. 365-368.
- BOKAJ, S.S. (1988): Ocenka bioenergeticseskij effektivosztij gibrinov kukuruzy. Vesztnik Szel szkohozjajstvvennoj Nauki, Moszkva, 11. sz. 137-143.
- BRODYNZHEVICH, V. G.-ZVEREVA, V. F. (1975): Characteristics of the specific combining ability of maize mutants for quantitative characters. In: Kolichestvennie priznaki mutantov kukuruzi. Kishinev, Moldavian, SSR, Stilincea. 33-39.
- BUHINICEK, I.-VASILJ, D.-PAVLINA, R.-PALAVERSIC, B. ((1994): Estimates of GCA and SCA based on Griffing's methods 2 and 4 for maize lines and hybrids in vitro and in situ. Poljoprivredna Znanstvena Smotra. 59: 4, 357-367. 12 ref.
- BUROW, D.M.-COORS, G.J. (1993): DIALLEL Analysis and Simulation. User' s Guide. Department of Botany Louisiana State University, Department of Agronomy University of Wisconsin. 31.p.
- CABULEA, I.-OCHESSANO, C.-NAGY, F.-NAS, V.-MOROSAN, V. (1980): Cercetări privind posibilitățile genetice de crearea hibridilor de porumb productivi, timpării și rezistenți la cădere. Anal. Ins. cero. Cereale Pl. Teh. Fund. Ser. C., Bucuresti, 46. k. 15-24.
- CARTER, M. W.-PONELEIT, C. G. (1973): Balck layer maturity and filling period among inbred lines for corn (*Zea mays* L.) Crop Sci. 13, 136-139.
- CHOUDHURY, B. (1986): An analysis of observed linear correlations between net photosynthesis and canopy-temperature-based plant water stress index. Agric. For. Meteorol., 36: 323-333.
- CROSBIE, T. M.-PEARCE, R.B.-MOCK, J. J. (1981): phenotypic selection photosynthesis in Sci., Madison, Wis. 21. k. 736-740.
- CROSS, H. Z.-(1975): Diallel analysis of duration rate of grain filling of seven inbred lines of corn. Crop Sci., 4, 532-535.
- CROSS, H. Z.-HAMMOND, J. J. (1983): Plant density effects on combining abilities of early maize synthetics. Crop Sci., Madison, Wis, 22.k. 4.sz. 814-817.
- CROSS, H.Z.-KABIR, K. M. (1989): Evaluation of field dry-down rates in early maize. Crop Science, Madison. 29.. k. 1. sz. 54-58.
- CSALIK (1976) (in LISZIKOV): Iszpolzovanie ionizirujesih izlucsenij i nyekatoruh himicseskijh vescsesztv gylja formirovanyija iszhodnogo materiala pri szelekcii kukuruzü. Kisinov. 70-72.



- DAMBORSKY, M.-CHLOUPEK, O.-EHRENBERGEROVA, J. (1994): Variability of maize lines and diallel-cross hybrids. *Genetika a Slechteni*. 30: 4, 297-303. 6 ref.
- DANIEL, L-BAJTAY, I. (1975): Néhány mennyiségi tulajdonság alakulása 11 csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. *saccharata* Korn.) beltenyésztett törzs diallél keresztezésében. *Növénytermelés*, 24. 4: 285-294.
- DAYNARD, T. B.-DUNCAN, W. G.(1969): The black layer and grain maturity in corn. *Crop sci*. 9: 473-476.
- DERIEUX, M. (1975): La precocite du mais. *EUCARPIA S. Congrès International de la Section Mais-sorgho*. Paris-Versailles. 128-160.
- DERIEUX, M.-BONHOMME, R. (1982): Heat units requirements for maize hybrids in Europe. Results of the European FAO Sub-Network. *Maydica*. 2, 59-77.
- DHILLON,B.S. et al., (1990): Analysis of diallel crosses of maize for variation and covariation in agronomic traits at silage and grain harvest. *Maydica*, Bergamo, 35. k. 3.sz. 297-302.
- DÖGEI, I. (1982): A szem-csutka keverék felhasználása. *Magyaar Mezőgazdaság*. 37. 4, 23.
- DRAGANIC, M.-KOLIC, L.-KRALJREVIC-BALALIC, M. (1982): Nasledvanje prinosa zrna kukuruza (*Zea mays* L.) *Arh. Poljopr. Nauke, Beograd*. 43. k. 149. sz. 63-70.
- DUBURQ, J. B.-BONHOMME ,R.-DERIEUX, M. (1983): Durés des phares vegetative et reproductrice chez le mais. Influence du genotype et du milieu. *Agronomie, Paris*. 3. k. 10. 941-9448.
- DUNCAN, W. G. (1975): Maize. In: EVANS. T. *Crop physiology*. Cambridge Univ. Press. London-New York. 23-50.
- DUNKEL, Z. (1984): Szántóföldi növények fejlődésének (tömeggyarapodásának) dinamikus (szimulációs) modellezése. *Beszámolók az 1981-ben végzett kutatásokról* Bp.269-284.
- DUNKEL, Z.- HUNKÁR, M.-ZÁRBOK, ZS. (1987): A kukorica növekedésének és fejlődésének leírása dinamikus - szimulációs növénynövekedési modell segítségével. *Időjárás* 91. évf. 197-208.
- EIK, K. et. al. (1966): Leaf area in relation to yield of corn grain. *Agron. Jour. Madison*. 58. /1/: 16-18.
- EL-HOSARY, A. A.-MOHAMED, M. K.-SEDHOM, S. A.-ABO-EL-HASSAN-G. K. A. (1994): General and specific combining interactions with year in maize. *Annals of Agricultural Science, Moshtohor*. 32: 1, 217-228. 16 ref.

- FOTESCU, M. D. -DOVGAN, F. M. (1975): Variation in quantitative characters in cold-resistant single hybrids synthesized using mutant forms. In: Kolichestvennie priznaki mutantov kukuruzy. Kishinev. Moldavian SSR. Sciinca, 127-131.
- GENETIC RESEARCH is key higher corn yields. Crops. Soils Mag., Madison, 34. k. 6. sz. 15.
- GENOVA, I. (1984): Naszledjavane na kolicesztveni priznaci pri carevicata i izmencivoszt na geneticsnit parametri. V: Produktivnoszti elementi na produkcionodzita is dobiva. Genetika i szel., Szófia. 17. k. 5. sz. 323-332.
- GENOVA, I. (1987): Kombinaciona szposzobnoszt na introducirani linü carevica. Genet. i Szelekcija, Szófia. 20. k. 4.sz. 305-310.
- GENOVA, I.-GENOV, M. (1995): Breeding evaluation of midearly mutant maize lines. Rasteniev "dni-Nauki. 32: 1-2. 108-110. 13 ref.
- GENOVA, I.-GENOV, M. (1995): Genetic and breeding evaluation of midlate mutant maize liens. Rasteniev "dni-Nauki. 32: 9-10, 41-43. 13 ref.
- GOGERTY, R. (1981): Energy-saving hybrids. The Furrow, Moline. 86. k. 6.sz. 6-7.
- GÖRING, H. (1963): Respiratory paarticularities of germinating seeds of inbred maize stocks and hybrids. In: Symposium on Maize Breeding and Production. Martonvásár. 67-70.
- GREEN, C. E.-PHILLIPS, R. L. (1974): Potential selection system form utant with increased Lysine. Threonine and Methionine in cereal crops. Crop. Sci. 14: 827-830.
- GRIFFING, B. (1956): Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossings systems. Australian Journal of Biological Sciencis, Melbourne 9. 4: 463-492.
- GURJEV, B. P.-MOVCSAN, D. SZ.-GUR' EVA, J. A. (1976): Metodika opredelenija szpeloszti zerna kukuruzü. Kukuruza, Moszkva. 21. 7, 22-23.
- GYÖRFFY, B. (1977): A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése [In A kukorica jelene és jövője (szerk. BÁLINT A.)] Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 11-25.
- GYÖRFFY, B.-I'SÓ, J.-BÖLÖNDI, I. (1965): Kukoricatermesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- HADI, G. (1982): A fajta és az energiatakarékos kukoriatermesztés. Magyar Mezőgazdaság. 37. 21. 5.
- HALLAUER, A. R.-RUSEL, W. A. (1962): Estimates of maturity and its inheritance in maize. Crop. Sci. 2, 289-294.

- HATÜLEVA, L. U.-PALANECKAJA, L. M. (1981): Analiz kombinacijnaj zdol' naszoi linij kukuruzü z roznüm uzronnem inbrüdüngu. Veszci AN. BSzSzR, Szer. Bijal. Navuk, Minszk, 6.sz. 42-46.
- HAYMAN, B. I. (1954): The analysis of variance of diallel tables. *Biometrics*. 10: 239-244.
- HERNANDEZ, J. A.-VEGA, O. U. (1996): Study of the heredity of corn inbred lines applying Haymans diallel method. *Revista de la Facultad de Agronomia. Universidad Central de Venezuela*. 22: 3-4. 121-137. 6 ref.
- HICKS, D. R.-GEADELMANN, J. L.-PETERSON, R. H. (1976): Drying rates of frosted maturing maize. *Agron. Journal* 68, 452-455.
- HOHLS, T.-GEVERS, H. O.-PLESSIS, J. G.-du (ed) (1994): Diallel analysis in plant breeding. proceedings of the Tenth South African Maize Breeding Symposium, Potchefstroom, South Africa, 17-19 March 1992. 1994. 1-7: Technical Communication-Department of Agriculture, South Africa No. 238. 6. ref.
- HOTYLEVA, L. V.-TARUTINA, L. A.-KAPUSZTA, I. B. (1986): Geneticseskaja interpretacija kombinacionnoj szposzobnoszti linij kukuruzy po koliczesztvennym priznakam pri iszpol zovanii razlicsnyh szisztem szkrescivanija. *Szel. hoz. biol., Moszkva*. 8. sz. 78-82.
- HRISZTOV, K. HRISZTOVA, P.-GENOVA, I. (1982 a.): Naszledjanave na koliczesztveni priznaci pri carevicae i izmencsivoszt na geneticsnite parametri. II. Dölzsina na kocsana, dölzsina na zörnoto i broj redovite. *Genetik. Szelek., Szofia*. 15. k. 3. sz. 200-210.
- HRISZTOV, K. HRISZTOVA, P.-GENOVA, I. (1983): Naszledjavane na koliczesztveni priznaci pri carevicata i izmencsivoszt na geneticsnite parametri. III. Produktivnoszt na zürno ot rasztenie i abszoljutno teglo. *Genet. Szelek., Szofia*. 16. k. 2. sz. 111-118.
- HRISZTOV, K.-HRISZTOVA, P. (1986): Mutacionnaja szelekcija pri carevicata. III. Heterozisz i komponentite – Mi v hybrid na mutatn sz izhodnata linija. *Gen. i szel., Szofia*. 19. k. 4. sz. 288-297.
- HRISZTOV, K.-HRISZTOVA, P.-GENOVA, I.(1982 b.): Naszledjavane na koliczesztveni priznaci pri carevicata i zimencsivoszt na geneticsnite parametri. I. Viszocsina na rasztenijata. *Genet. Szelek., Szofia*. 15. k. 1. sz. 58-86.
- HUNKÁR, M. (1990): Az időjárás hatása a kukorica szárazanyag produkciójának alakulására. Beszámolók az 1986-ban végzett tudományos kutatásokról. 92-99.
- HUNKÁR, M.-BACSI, ZS. (1993): Kísérletek talaj-növény-időjárás modellekkel. *Meteorológia és növénytermesztés*. 59-65.

- HUNT, R. (1978): Plant Growth Analysis. The Institute of Biology's Studies in Biology no. 96. 1-67.
- IDSO, S.B. and JACKSON, R.D. PINTER, P.J., REGINATO, R.J. and HATFIELD, J.L. (1981): Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. Agr. Met. 24: 45-55.  
In: Himicseszki mutagenez i szelekcija. Izd. "Nauka" Moszkva, 242-247.
- IODANOV, G.-KONDANINSKI, T. (1995): Evaluation of the combining ability of inbred maize lines for resistance to *Fusarium moniliforme* of the ear and to *Helminthosporium turcicum* under artificial infection. Rasteniev "dni-Nauki. 32: 5, 42-44. 6 ref.
- ISHALINA, K. N. (1976): Study of fifth generation of maize radiomutants. Tr. in to botan., An., Kaz., SSR.
- IVAHNENKO, A. N.-BORISZOV, V. N. (1986): Primenie diallel' nogo analiza kombinacionnoj szposzobnoszti szkoroszpeyh linij kukuruzy dija vydelenija donorov usztojesivoszti k fuzariozu. Sz. h. Biol., Moszkva. 2.. sz. 57-60.
- JHA, P.B. (1993): A diallel cross analysis of some quantitative traits in early maturing maize. Research and Development Reporter. 10: 1-2, 1-6, 4 ref.
- JINKS, J. L. (1954): The analysis of continuous variation in a diallel cross of *Nicotiana rustica* varieties. Genetics. 39: 367-788.
- JOHNSON, L. P. V. (1963): Application of the diallel crosses techniques to plant breeding. In statistical genetics and plant breeding. Nat. Res. Council Publ. 982.
- JOHSON, D. R.-TANNER, J. W. (1972): Calculation of rate and duration of grain filling in corn. Crop Sci. 12, 485-486.
- JORDANOV, J. F.-SOPOVA, K. (1981): Faktori za povisanie i balanszirane na a beltocsnata produktivnoszt na carevicata. Raszten. Nauki. szofija. 18. k. sz. 33-43.
- JORDANOVA, K.-HRISZTOV, K.-IVANOV. SZ. (1986): Szozdanie iszhodnyh szinteticseszkih populjacij kukuruzy na mutantnoj osznove dlja rekurrentnoj szelekcii vyszokolizinovyh kukuruz. Inf. Bjull. po Kukuruze, Martonvásár, NIISZH VNR, 5.sz. 17-27.
- JÓZSA, L. (1981): Kukoricatermesztés szilázsnak. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- KALITA, U. C.-SAIKIA, R. B.-DUARA, P. K. (1995): Studies of combining ability in maize (*Zea mays* L.). Journal of the Agricultural Science society of North East India. 8: 216-219. 11 ref.
- KÁLLAY, S.-CSÁK, S.-né (1982): A kukorica termelés jövedelmezősége. Magyar Mezőgazdaság. 37. 39. 6.

- KAPÁS, S. (1977): A hazai kukoricanevelés eredményei és feladatai (In: A kukorica jelene és jövője. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 26-30.
- KAPÁS, S.-SOMSSICH, I. (1980): A kukorica hibridek megválasztása. Magyar Mezőgazdaság 35. évf. 13. sz. 6-7.
- KAPPEL, W.-ZIEGER, G. (1983): Genetische Divergenz und gezielte Kreuzungsprogramme als Grundlage für eine erfolgreiche Hybridmaiszüchtung im Rahmen internationaler Zusammenarbeit. Bericht über die Arbeitstagung Gumpenstein. Bundesant. für Appl. Landwirt., 117-189.
- KATSANTONIS, N.-GAGIANAS, A.-SFAKIANAKIS, J.-FOTIADIS, N. (1986): Inheritance of duration and rate of grain filling and their relationship to grain yield in maize. Z. Pflanzenzüchtg., Berlin. 96. k. 2. sz. 115-121.
- KHALIFA, I.-DROLSOM, N. (1988): Combining ability for European corn borer resistance and three agronomic traits in maize. Maydica, Bergamo. 33. k. 4. sz. 247-259.
- KLAGES, K.H.W. (1934): Geographical distribution of variability in the yields of cereal crops in South Dakota. Ecol., 12.: 334-345.
- KLJUCSKO, P.F., FESZENKO, I.V. (1983): Szelekcija kukuruzi na dvupocatkovsz. Kukuruz. Moszkva. 1.sz. 28-30.
- KOBELEVA, E. N.-BLYAN, D. UR. (1977): Breeding mutant maize lines for disease resistance. Kishinev, Moldavian. SSR; Stiinca, 128.
- KOVÁCS, A., PÁSZTOR, K. (1981): A silókukorica beltartalom-nevelés tapasztalatai és eredményei XXIII. Georgikon napok, Keszthely. „Takarmánygazdálkodás”. 221-226.
- KRAVCSENKO, A. N.-LISZKOV, V. N. (1979): Atlasz radiomutantov kukuruzii tipa Korngrassz. Kisinov, „Stiinca”. 140.
- KROLIKOWSKI, Z. (1982): Zawartosc wody w ziarnie i rdzemin klob lirii wsobnych jako kryterium selekcji w hodowli wczesnych i sredniowczesnych mieszanców kukurydzy. Hod. Ros. Aklim. Nasien., Warszawa. 26. k. 2. sz. 159-170.
- KUPORITSKAYA, K. I.-BIKINEEVA, L. V. (1977): The characteristics of single mutant maize hybrids. Tr. Kishinev, S.-Kh. in-t., 175, 51-59.
- LAKATOS, L. (1995): A dry matter mass growth model for maize based on meteorological and nutrient supply data. Időjárás Vol. 99. NO. 2. 93-111.
- LAKATOS, L., TÓTH, SZ., PEPÓ, P. (1996): A kukorica (*Zea mays* L.) szárazanyag gyarapodásának vizsgálata diallél rendszerekben klimatikus stresszfüggvény alkalmazásával. Növénytermelés, 1996. Tom 45. No. 4. 353-364.

- LANGER, F. (1976): Zmeny kombinacni schopnosti linii kukorice vlim ionisujiciho slechteni. Sdruzeni slechtitelskych a semenarskych podniku v Praze, 219-229.
- LOOMIS, R. S.-WILLIAMS, W. A. (1972): Plant conformation and yield. In: Induced mutation and plant improvement. IAEA, Vienna, 13-25.
- LUMER, H. (1937): The consequences of sigmoid growth for relative growth functions. Growth, 1, 140-154.
- LUPTON, F. G. G. (1966): Translocation of photosynthetic assimilates in wheat. Ann. Appl. Biol. 57: 335-364.
- MANN, Ch.E.-POLLMER, W. C. (1983): Reciprocal cross differences between maize hybrids of inbred lines from different gene pools. Maydica, Bergamo. 26.k. 4.sz. 263-271.
- MARÁZ et al., (1993): Kukoricavonalak és populációk variabilitásának növelése mutációs úton. Növénynemesítési Tudományos Napok '93. Budapest. 63.
- MARCSENKO, M. M.-KOPYL'CSUK, G. P.-KOSZTYSIN, S. S.-KRIVOSEJE, L. K. (1989): O molekuljarno-biohimicseszkih podhodah k prognozirovaniju kombinacionnyh szvojsztv inbrednyh linij kukuruzy. Szel' szkohozjajsztvennaja Biologija, Moszkva. 5. sz. 44-46.
- MARTON, CS. L.-BEDŐ, Z. (ed.) (1997): Inheritance of cold test index of maize in sterilised and normal soil. Proceedings of the international symposium on cereal adaptation to low temperature stress in controlled environments. Martonvasar phytotron 25<sup>th</sup> anniversary celebrations, 2-4 June 1997, 281-284. 11 ref.
- MATHER, K.-JINKS, J. L. (1971): Biometrical Genetics. London. Chapman and Hall. 382.
- MATICK, A.-CENCELJ, J. (1981): Cilji in Dosezki Zlahtnjenja Koruze v Sloveniji. Zborn. Bioteh. Fak. Univ. E. K. Ljubljani Vet. Ljubljana. 37. k. 73-88.
- MAUL, F.-PITYINGER, O. (1964): Az állománysűrűség hatása a kukorica asszimiláló felületére és csőtermésére Mátra-Bükk aljai csernozjom barna erdőtalajon. Növénytermelés 13. /2/: 131-138.
- MENYHÉRT, Z. (1975): Kukoricatermelőknek a kukoricáról. Szekszárd, KSZE kiadvány.
- MENYHÉRT, Z. (1979): Kukoricáról a termelőknek. Mezőgazdasági Kiadó. 60-63.
- MENYHÉRT, Z. (1985 a,b,c.): A kukoricatermesztés kézikönyve Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. a:115, b:103, c:111.
- MIN'O SZEGARRA, I. I. (1985): Ocenka kombinacionnoj szposzobnoszti linij kukuruzy v diallel' nuh szkresivanijah. Dokl. VASZHNIL, Moszkva, 11. sz. 14-16.

- MITEV, Sz.-CANKOVA, G. (1983): Elementi na szamooprag Raszteniev. Nauki, Szofija. 20.k. 35-41.
- MOZSAEV, N. I. (1966): Plocsad' liztovoij Poverhnoszti i urozsaj kukuruzi na szilosz. Kukuruza, Moszkva. 8: 13-14.
- MO HUIDONG-HU XUEHUA-LUO YIQI (1984): Genetic analysis on quantitative characters of corn /Zea maize/. I. Genetic potential and its utilization of corn inbreds in China. Acta. Genet. Si., Peking. 11. k. 4. sz. 270-275.
- MOHAY, J. (1986): Diallélkeresztezési rendszer. Genetika Kislexikon. Natura Kiadó, Budapest. 40.
- MONTEITH, J.L. (1981): Climatic variation and the growth of crops. Quarterly Journal of Royal Met. Society, 107, No. 454, 749-774.
- MONTGOMERY, E.G. (1906): What is an ear of corn? Popular Sci. Mon. 68. 55-62.
- MORENO, E., GONZALEZ, J. (1988): Diallel crossing system in sets of flint and dent inbred lines of maize /Zea mays L./. Maydica, Bergamo, 1988. 33.k.1.sz. 37-49.p.
- MORGUN, V. V.- SKVARNYIKOV, P. K. - CSUCSMIJ, I. P. - BOREJKOV, V.SZ. (1971): Inducirovannaja izmencsivoszty u kukuruzü i ijo znacsenija gylja szelekciya. In: Genetika i szelekciya na Ukraine. Kiev. 43-44.
- NÉMETH, J. (1977): A termőképesebb hibridek előállításának genetikai tartalékai. In: A kukorica jelene és jövője. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- NÉMETH, J. (1978): Kukoricatermesztésünk lehetőségei és gondjai. Magyar 1, 8-9.
- NEVADO, M. E.-CROSS, H. Z. (1990): Diallel analysis of relative growth rates in maize synthetics. Crop Science, Madison. 30.k. 3.sz. 549-552.
- OCHESANU, C.-CABULEA, I. (1982): Contribuția cercetărilor de fiziologie genetică la ameliorarea porumbului. Contribuția cercetării științifice la dezvoltarea agriculturii. Technica Agricole, 295-314.
- PAL, S. S.-KHEHRA, S.-DHILLON, B. S. (1986): Genetic analysis of and selection advance in a maize population. Madydica, Bergamo. 31. k.2. sz. 153-162.
- PALAVERSIC, B.-PARLOV, D.-TOMICIC, B.-BUHINICEK, I. (1996): Diallel analysis of maize resistance to Fusarium stalk rot. Acta Agronomica Hungarica. 44: 4, 365-370. 9 ref.
- PÁSZTOR, K. (1977): Alaktani kukorica mutánsok alkalmazhatósága a növénynemesítésben. ESNA VIII. Svédország, Uppsala.

- PÁSZTOR, K. (1978): Effect of mutagens on the variability of morfological characters of maise. Acta Agron. 27. 481-488.
- PÁSZTOR, K. (1979 a): Kukorica mutánsok és hibridjeik egyes tulajdonságainak elemzése. Szimpozion, Budapest. 190-202.
- PÁSZTOR, K. (1979 b): Applicability of morfological maize mutans in plant breeding. Acta Agron. 28: 452-458.
- PÁSZTOR, K. (1980 a): Gyorsítók besugárzásos alkalmazása a radiomutációs nemesítésben. ATOMKI Közlemények, Debrecen, 22.k. 1. m. 11-23.
- PÁSZTOR, K. (1987): A hibridvigor és heterózis. Agrogenetika. Debreceni Agrártudományi Egyetem, 138.p.
- PÁSZTOR, K. (1988): Diallél keresztezés. Mezőgazdasági Növények Nemesítése. Agrártudományi Egyetem, Debrecen. 54.
- PAVLOVA, L. V. (1989): Kombinacionnaja szposzobnoszt' dvuhpocatkovyh linij kukuruzy v sziszteme diallel' nyh szkreasivanij. Nacsno-Technicseskij Bjulleten' VIR, Leningrad. 188. sz. 28-30.
- PEARL, R. and REED, L.J. (1923): Skew-growth curves. Proc. Nat. Acad. Sci. Washington, 11, 16-22.
- PEPÓ et al., (1994): Kukoricavonalak és populációk genetikai variabilitásának növelése ciklotronban történt gyorsneutron kezeléssel. Növénynemesítési Tudományos Napok '94. Budapest. 61.
- PEPÓ, PÁL., PEPÓ, PÉTER (1987): A minőség javításának lehetőségei a kukorica nemesítés terén. MAE Növénytermesztési Társaság, Szolnok. 122.
- PETHŐ, M. (1993): A növekedés formái, intenzitása. Mezőgazdasági Növények Élettana. Akadémiai Kiadó, Budapest. 342. p.
- PETR, J., CERNY, V. HRUSKA, L. (1985): A főbb szántóföldi növények termésképződése. Bp.: Mezőgazd. Kiad., 405.
- PIOVARCI, A. (1981): Vyuzitie mutantov kukurice (*Zea mays* L.) v heteroznom slechteni. Genetické metody ve slechtent rostlin. Praha. CSAZ, 87-108.
- POPOVA-POPOV, Y. (1976): Chemically induced mutant lines of maize resistant to some diseases. Rasteniev dni Nauki. 13:10, 55-62.
- POROHNJA, S. V. (1989): Kombinacionnaja szposzobnoszt' linij kukuruzy pri szelekcii zernovyh i szilosznych gibrodov. Naucsno-Tehnicoseskij Bjulleten' VIR. Leningrad. 188. sz. 32-33.



- PURDY, I. L.-GRANE, P.L. (1967): Influence of pericarp on differential drying rate in "mature" corn. *Zea mays* L. *Crop. Sci.* 7. 379-381.
- RÉDEI, P.GY. (1987 a): Heterózis a kukoricában. *Genetika. Mezőgazdasági Kiadó, Gondolat, Budapest.* 18.
- RÉDEI, P.GY. (1987 b): A kvantitatív jellegek genetikája. A diallél analízis. *Genetika. Mezőgazdasági Kiadó, Gondolat, Budapest.* 698.
- ROOD, S. B.-MAJOR, D. J. (1981): Inheritance of tillering and flowering time in early maturing maize. *Euphytica. Wageningen.* 30. k. 2. sz. 327-334.
- ROOD, S. B.-MAJOR, D. J. (1983): Inheritance of characteristics controlling development of corn. *Res. Highlights 1982. Lethbridge.* 62-70.
- SAIN-DASS-AHUJA, V. P.-MOHINDER-SINGH-DASS, S.-SINGH, M. (1997): Combining ability for yield in maize. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding.* 57: 1, 98-100. 3 ref.
- SANGHI, A. K.-AGARWAL, K. N.-QADRI, M. I. (1982): Gene effects and heterosis for grain yield and ear traits in maize. *Indian J. Genet. Pl. Breed., New Delhi.* 42. k. 3. sz. 360-363.
- SARI GORLA, M.-VILLA, M.-OTTAVIANO, E. (1987): Pollen irradiation and gene transfer in maize. *Maysica, Bergamo.* 32,k. 3. sz. 239-248.
- SÁRVÁRI, M. (1974): Sugárkezelt kukorica fenológiai vizsgálatának eredménye, egyes beltenyésztett törzsek kombinálódó képessége. *Diplomadolgozat.* 32-60.
- SATYANARAYANA, E.-KUMAR, R. S.-SHARMA, M. Y. (1994): Inheritance studies of maturity components and yield in selected hybrids of maize (*Zea mays* L.). *Mysore Journal of Agricultural Sciences.* 28. 1. 25-30. 7 ref.
- SCHIMPER, A.F.W. (1903): *Plant Geography on a physiological Basis.* Clarendon, Oxford.
- SERBANESCU, E. (1966): Cercetări fiziologice la plante hibride și la formele lor parentale. *Studii și cercetări de biologie.* 18: 5: 461-469.
- SESTAK, Z.-CATSKY, J.-JARVIS, P.G. (ed.) (1971): *Plant Photosynthetic Production* Junk W. Publishers The Hague 818.
- SHANI, J. P.-SINGH, I. S.-AGRAWAL, K. N. (1986): Genetic variability for grain yield and its component characters at two plant densities in maize (*Zea mays* L.). *Z. Pflanzenzüchtg., Berlin.* 98. k. 2. sz. 112-129.
- SHULL, G.H. (1909): A pure line method of corn breeding. *Amer. Breed. Assoc. Rpt.,* 5 51-69.

- SOTCHENKO-V. S.-NOVOSELOV, S. M. (1995): Evaluation of the combining ability of midlate parental forms of sweetcorn in intervarietal hybrids. *Kukuruza-i Sorgo*. No. 3, 2-4: 2.
- SPRAGUE, G. F.-TATUM, L. A. (1942): General vs. specific combining ability in single crosses of corn. *Journal of the American Society of Agronomy*. 34: 923-932.
- STANGLAND, G. R.-RUSSEL, W. A. -SMITH, O. S. (1983): Evaluation of the performance and combining ability of selected lines derived from improved maize populations. *Crop Sci.*, Madison, Wis. 23.k. 4.sz. 647-651.
- STOILOV, M.-DASKALOV, S. (1976): Some result on the combined use of induced mutations and heterosis breeding. *Induced Mutations in cross-Breeding*. Proc. Advisory Group. Vienna (1975), IAEA, Vienna, 179-188.
- STOILOV, M.-POPOV, A. (1978): Inducing disease resistant maize mutations with ionizing radiation. *Mutation Breeding Newsletter*, 12: 4.
- SUTTON, L. M.-STUCKER, R. E. (1974): Growing degrees days to black layer composed to Minnesota relative maturity rating of corn hybrids. *Crop Sci.* 14, 408-412.
- SVÁB, J. (1981): *Biometriai módszerek a kutatásban*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 557.
- SZALAY, B. (1982): *Fizika. Magfizika*. 179. Radioaktív bomlás. Aktivitás, dózis. Műszaki Könyvkiadó, Budapest. 864.
- SZENDEL, G. (1982): Fünfzehn jahre gemeinsame maiszüchtung derDDR und der Ungarischen VR. *Academie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR. Tagungsberieht Nr. 199*.
- SZKOROBREHA, P, I.-ZAHOVA, V. P. (1982): *Vozsnüj szelekcionnüj priznak kukuruzü. szelek. Szemen, Moszkva*. 6. sz. 18-21.
- SZTOILOV, M.-KISOVA, B. (1989): Njakoi rezultati i problemi po izpozuvane na ekszperimentalnija mutagenesizs v szelekcijata na carevicata. *Genetika i Szelekcija, Szofija*. 22. k. 2. sz. 85-90.
- TOLLENAR, M.-DAYNARD, T. B.-HUNTER, R. B. (1979): Effect of temperature on rate of leaf appearance and flowering date in maize. *Crop Sci.* 3. 363-366.
- TOMOV, N. (1984 a.): *Szelekcija na carevicata po dobiv i kacsesztvo. Raszt. Nauki, Szofija*. 21. k. 8. sz. 62-69.
- TOMOV, N. (1984 b): *Posztizsenija v oblaszta na genetikata na carevicata u nasz. Szelsz. Nauka, Szofija*. 22. k. 4. sz. 41-50.
- TOUNI, A. H. (1968): Különböző tényezők hatása a kukorica levélfelületének nagyságára és szemtermésére. *Növénytemelés*. No. 2. 139-149.

- TROYER, A. F.-OPENSHAW, S. J.-KNITTLE, K. H. (1988): Measurement of genetic diversity among popular commercial corn hybrids. *Crop. Science, Madiso.* 28. k. 3. sz. 481-485.
- TURBIN, N.V. et al., (1974): Diállél elemzés a növénynevelésben. Akadémija Nauk Belorusszkoe. Insztitut Genetiki i Citologii Belorusszkoe Obscsesztvo Genetikov i Szelekcionerov. Izdatel'sztvo Nauka i Technika, Minszk. 53.629.
- VÁCZI, D. (1978): A kukorica lehetőségei és gondjai. *Magyar Mezőgazdaság.* 33. évf. 10.
- VÁCZI, D. (1979): Silókukorica fajtaellátottság, fajtakísérletek. 1978. *Magyar Mezőgazdaság,* Budapest 34: 15-28.
- VARGA-HASZONITS, Z. (1987): A meteorológiai tényezők hatása az őszi búza levélfelületének, magasságának és szervesanyag-tartalmának növekedésére. Beszámoló az 1987-ben végzett tudományos kutatásokról, OMSZ, Budapest.
- VILLANUEVA-VERDUZCO, C.-CASTILLO-GONZALEZ, F.-MOLINA-GALAN, J. D. (1994): Utilization of diallel crosses between commercial maize hybrids: analysis of parents and progenies. *Revista-Fitotecnia-Mexicana.* 17:2, 175-185. 19 ref.
- VINAY-MAHAJAN-GYANENDRA-SINGH-MAHAJAN, V.-SINGH, G. (1997): Combining ability studies in maize. *Crop Improvement.* 24: 2, 151-159. 60 ref.
- WATSON, D. J. (1956): Leaf growth in relation to crop yield. In: Milthorpe. F.L. ed. *The growth of leaves* 178-191. p. London, England, Butterworths publications, Ltd.
- WESTLAKE, D. F. (1963): Comparisons of plant productivity. *Biol. Rev.* 38: 345-425.
- WEYL, H. (1982): *Szimmetria.* Gondolat Kiadó. Budapest 226.
- WILKINSON, J.M. (1978): The ensiling of forage maize effect on composition and nutritive value forage maize. *Production and utilisation.* London, Agricultural Research Council, 201-237.
- ZHENG-ZUPING-DU-KEZHU-ZHENG, Z.P.-DU, K. Z. (1995): A study of the genetic parameters of several quantitative characters of maize. *Journal of southwest Agricultural University.* 17: 4, 359-362. 3 ref.
- ZIEGLER, G. (1987): (Results obtained from maize crossing series /*Zea mays* L./ with consequences for breeding. I. Estimate of variance components from diallel series.) *Arch. Züchtungsforsch., Berlin.* 17.k.5.sz. 320-321.

**8. Táblázatok jegyzéke**

	<b>oldal</b>
<b>1. táblázat</b> A diallélban szereplő beltenyésztett törzsek eredete.	31
<b>2. táblázat</b> Genetikai összetétel az 'A' diallél rendszer esetében.	32
<b>3. táblázat</b> Genetikai összetétel az 'B' diallél rendszer esetében.	32
<b>4. táblázat</b> A fajtafüggvény és paramétereinek értékei az „A” és a „B” teljes diallélrendszerek kukoricahibridei és vonalai esetében.	41
<b>5. táblázat.</b> Az egyes hibridek és vonalak tulajdonságai leírása (UPOV TG/2/6)	

a virágzás esetében az 'A' diallél rendszernél (1994, 95, 96).	45
<b>6. táblázat.</b> Az egyes hibridek és vonalak tulajdonságai leírása (UPOV TG/2/6) a virágzás esetében a 'B' diallél rendszernél (1994, 95, 96).	46
<b>7. táblázat.</b> A hibridek és vonalak tulajdonságainak leírása és a kifejeződési fokozatok (UPOV TG/2/6) a teljes növény esetében az 'A' diallél rendszernél (1994, 95, 96).	47
<b>8. táblázat.</b> A hibridek és vonalak tulajdonságainak leírása és a kifejeződési fokozatok (UPOV TG/2/6) a teljes növény esetében a 'B' diallél rendszernél (1994, 95, 96).	48
<b>9. táblázat.</b> A levélterület index értékeinek (LAI, m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> ) változása a tenyésztésidőben különböző évjáratok hatására az „A” kódjelű teljes diallél rendszer esetében (Debrecen, 1994,1995, 1996).	54
<b>10. táblázat.</b> A levélterület index értékeinek (LAI, m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> ) változása a tenyésztésidőben különböző évjáratok hatására az „B” kódjelű teljes diallél rendszer esetében (Debrecen, 1994,1995, 1996).	55
	<b>oldal</b>
<b>11. táblázat.</b> A számított és a mért szárazanyagtartalom közötti eltérések [g/növény] értékei az „A” és a „B” teljes diallélrendszerek kukoricahibridei és vonalai esetében.	62
<b>12. táblázat.</b> Kukoricahibridek és vonalak termőképessége (kg/parcella, t/ha) és átlagos csőtömege (g) különböző évjáratokban teljes diallél rendszerben („A” diallél rendszer, Debrecen, 1994, 1995, 1996).	65
<b>13. táblázat.</b> Kukoricahibridek és vonalak termőképessége (kg/parcella, t/ha) és átlagos csőtömege (g) különböző évjáratokban teljes diallél rendszerben („B” diallél rendszer, Debrecen, 1994, 1995, 1996).	66

<b>14. táblázat.</b> Az általános (GCA) és a specifikus (SCA) kombinálódóképesség hatásai a termés [kg/parcella] alakulására az 'A' diallél rendszer esetében (Debrecen; 1994, 1995, 1996).	69
<b>15. táblázat.</b> Az általános (GCA) és a specifikus (SCA) kombinálódóképesség hatásai az átlagos csőtömeg [g] alakulására az 'A' diallél rendszer esetében (Debrecen; 1994, 1995, 1996).	69
<b>16. táblázat</b> Az általános (GCA) és a specifikus (SCA) kombinálódóképesség hatásai a termés [kg/parcella] alakulására az 'B' diallél rendszer esetében (Debrecen; 1994, 1995, 1996).	70
<b>17. táblázat</b> Az általános (GCA) és a specifikus (SCA) kombinálódóképesség hatásai az átlagos csőtömeg [g] alakulására az 'B' diallél rendszer esetében (Debrecen; 1994, 1995, 1996).	70

## 9. Ábrajegyzék

	<b>oldal</b>
<b>1. ábra.</b> A két diallél rendszer átlagos napi tömeggyarapodás menete a tenyésztidőben.	39
<b>2. ábra.</b> A klimatikus stresszfüggvény [KSF (t)] menete a tenyésztidőszakban.	42
<b>3. ábra.</b> A levélterület index (LAI m <sup>2</sup> . m <sup>-2</sup> ) változása a tenyésztidőben az <b>A16</b> vonal és hibridjei ( <b>A10</b> , <b>A11</b> , <b>A12</b> ) esetében. (Debrecen, 1994).	56
<b>4. ábra.</b> A levélterület index (LAI m <sup>2</sup> .m <sup>-2</sup> ) változása a tenyésztidőben az <b>A16</b> vonal és hibridjei ( <b>A10</b> , <b>A11</b> , <b>A12</b> ) esetében (Debrecen, 1995).	56

- 5. ábra.** A levélterület index ( $LAI\ m^2 \cdot m^{-2}$ ) változása a tenyésztésidőben az **A16** vonal és hibridjei (**A10, A11, A12**) esetében (Debrecen, 1996). 57
- 6. ábra.** A levélterület index ( $LAI\ m^2 \cdot m^{-2}$ ) változása a tenyésztésidőben az **B16** vonal és hibridjei (**B10, B11, B12**) esetében (Debrecen, 1994). 57
- 7. ábra.** A levélterület index ( $LAI\ m^2 \cdot m^{-2}$ ) változása a tenyésztésidőben a **B16** vonal és hibridjei (**B10, B11, B12**) esetében (Debrecen, 1995). 58
- 8. ábra.** A levélterület index ( $LAI\ m^2 \cdot m^{-2}$ ) változása a tenyésztésidőben a **B16** vonal és hibridjei (**B10, B11, B12**) esetében (Debrecen, 1996). 58
- 9. ábra.** A mért és számított szárazanyag tartalom tenyésztésidőszakbeli menete az „A” diallélrendszer **A7** és **A11** kódjelű hibridjei és az **A16** vonala esetében. 60
- 10. ábra.** A mért és számított szárazanyag tartalom tenyésztésidőszakbeli menete a „B” diallélrendszer **B7** és **B11** kódjelű hibridjei és az **B16** vonala esetében. 61
- 11. ábra** A klimatikus stresszfüggvény és a kukorica szemtermésének kapcsolata 64
- 12. ábra** Az 'A' diallél rendszer hibridjeinek termőképessége a Helga (standard) hibrid termőképességével összehasonlítva (Debrecen; 1994, 1995, 1996).  
A sávok a  $\pm$  standard hiba értékeit szemléltetik. 67
- 13. ábra** A 'B' diallél rendszer hibridjeinek termőképessége a Helga (standard) hibrid termőképességével összehasonlítva (Debrecen; 1994, 1995, 1996).  
A sávok a  $\pm$  standard hiba értékeit szemléltetik. 68

**FÜGGELÉK**

**Az „A16” vonal és az A16 x A13 („A10”) hibrid TG 2/6 (1994.11.04.)**

**UPOV szabvány szerinti leírása**